



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al
caserío La Ciruela, Cutervo-Cajamarca”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Lozada Malarin Wilyn (ORCID: 0000-0002-0063-5968)

ASESOR:

Msc. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, transmisión y distribución

CHICLAYO – PERÚ

2019

Dedicatoria

El presente proyecto de tesis dedico a mis queridos padres, Rolando Lozada Carrasco y Juana Piedad Malarin Fonseca por su apoyo y consejos que me brindaron en mi crianza, por inculcarme al estudio y de esa manera cumplir con una de mis metas trazadas.

Dedico a mis hermanos por brindarme su apoyo incondicional para que mi meta sea cumplida.

También dedico a mis tíos Ilauro Cúlqui Mixán y Doraliza Lozada Carrasco por ese inmenso apoyo durante mi carrera universitaria.

El autor.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente, a mis padres por los consejos que me brindaron antes y durante el periodo de estudiante, también por el apoyo moral y económico.

Del mismo modo también agradezco a mis queridos hermanos por el sacrificio que hicieron al apoyarme en lo moral, económico ya que sin ello me sería un poco más sacrificado alcanzar lo trazado.

También a mis tíos, Ilauro Cúlqui Mixán y Doraliza Lozada Carrasco por el apoyo incondicional.

A la universidad Cesar Vallejo por acogerme y forjarme de conocimientos para ser un buen profesional.

A los docentes por sus conocimientos y experiencias compartidas que nos brindaron en nuestra formación de estudiantes.

A mis primos, compañeros y amigos por su apoyo moral.

El autor.

Página del jurado



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Mgtr. Dante Omar Panta Carranza
Coordinador de Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 09:00 horas del día 19 de diciembre de 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Carrera Profesional N° 215-2019-UCV-EPIME, de fecha 12 de diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis: **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA-CUTERVO-CAJAMARCA"**, presentada por el Br. Lozada Malarin Wilyn con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- **Presidente** : Mg. Dante Omar Panta Carranza
- **Secretario** : Dr. Daniel Carranza Montenegro
- **Vocal** : Mg. Edilbrando Vega Calderon

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por mayoría

Siendo las 10:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 19 de diciembre de 2019

Mg. Dante Omar Panta Carranza
Presidente

Dr. Daniel Carranza Montenegro
Secretario

Mg. Edilbrando Vega Calderon
Vocal

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo-Pimentel Km. 3.5
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Declaratoria de autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Lozada Malarin Wilyn, estudiante de la Escuela Profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 40047727, con el trabajo de investigación titulada, "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA, CUTERVO-CAJAMARCA"

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 20 de Febrero, 2020

Nombres y apellidos: Lozada Malarin Wilyn.
DNI: 40047727.

Firma:



Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.1.1. A nivel internacional	1
1.1.2. A nivel nacional	3
1.1.3. A nivel local	6
1.2. Trabajos previos.....	6
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	9
1.3.1. Energía solar.....	9
1.3.2. Unidades de medida de la energía solar	9
1.3.3. Energía fotovoltaica	9
1.3.4. Radiación solar	9
1.3.5. Tipos de radiación solar	10
1.3.6. Efecto fotovoltaico	10
1.3.7. Tipos de espectro solar	10
1.3.8. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos	10
1.3.9. Horas pico solar.....	11
1.3.10. Sistema fotovoltaico.....	11
1.3.11. Principales componentes.....	12
1.3.12. Generación de energía eléctrica en corriente continua	13
1.3.13. Conexión de cargas en serie y paralelo.....	14
1.4. Formulación del problema	15
1.5. Justificación del estudio.....	15
1.5.1. Técnica	15
1.5.2. Social.....	15
1.5.3. Económica.....	15

1.5.4. Ambiental	15
1.6. Hipótesis	16
1.7. Objetivos.....	16
1.7.1. Objetivos generales	16
1.7.2. Objetivos específicos.....	16
II. MÉTODO	17
2.1. Diseño de investigación	17
2.2. Operacionalización de variables	17
2.2.1. Variable independiente.....	17
2.2.2. Variable dependiente.....	17
2.3. Población y muestra.....	19
2.3.1. Población.....	19
2.3.2. Muestra.....	19
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
2.4.1. Técnicas de recolección de datos	19
2.4.2. Instrumento de recolección de datos	20
2.4.3. Validez	20
2.4.4. Confiabilidad.....	21
2.5. Método de análisis de datos	21
2.6. Aspectos éticos	21
III. RESULTADOS	22
3.1. Determinar la máxima demanda de energía eléctrica en el caserío la Ciruela provincia de Cutervo-Cajamarca, de acuerdo al consumo de energía real.....	22
3.1.1. Demanda de energía en cada vivienda	23
3.1.2. Cálculo del factor de carga.....	25
3.1.3. Cargas especiales en caserío la Ciruela.....	26
3.1.4. Determinación de la máxima demanda y consumo de energía en caserío la Ciruela	26
3.2. Determinar el índice de radiación promedio, empleando el método de weibull	28
3.2.1. Protocolo de medición.....	28
3.2.2. Valores de medición.....	29
3.2.3. Análisis de medición de radiación solar.....	36
3.2.4. Distribución de weibull	45
3.3. Dimensionar los elementos electromecánicos del sistema fotovoltaico, de acuerdo a la máxima demanda del caserío de la ciruela-Cutervo-Cajamarca.....	58

3.3.1. Generalidades	58
3.3.2. Cálculo de conductor	60
3.3.3. Cálculo de la pérdida de potencia activa	64
3.3.4. Potencia del generador fotovoltaico	68
3.3.5. Cálculos de módulos fotovoltaicos	69
3.3.6. Dimensionado del regulador de carga	70
3.3.7. Selección del inversor de carga	71
3.3.8. Cálculo de número de baterías	71
3.4. Realizar el presupuesto de la inversión del proyecto	73
IV. DISCUSIÓN	74
V . CONCLUSIONES	75
VI. RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS	77
ANEXOS	78
Acta de aprobación de originalidad de tesis	86
Reporte de turnitín	87
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional ucv	88
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	89

Índice de figuras

Figura 1. Mayores productores de energía en el mundo	2
Figura 2. Cobertura de electricidad en España con energías renovables 2001-2015	3
Figura 3. Evolución del coeficiente de electrificación rural y nacional	4
Figura 4. Producción de energía SEIN	5
Figura 5. Matriz energética en el país 2018	5
Figura 6. Tipos de espectro solar	10
Figura 7. Sistemas fotovoltaicos	11
Figura 8. Elementos del sistema fotovoltaico	12
Figura 9. Conexión de módulos en serie paralelo	13
Figura 10. Conexión de modulo en paralelo	13
Figura 11. Gráfica de corriente continua	13
Figura 12. Conexión de cargas eléctricas en serie	14
Figura 13. Conexión de cargas eléctricas en paralelo	14
Figura 14. Ubicación del caserío de la ciruela	22
Figura 15. Diagrama de carga vivienda típica en la ciruela	25
Figura 16. Valor de medición de energía de radiación	30
Figura 17. Valor de medición de energía de radiación	31
Figura 18. Valor de medición de energía de radiación	32
Figura 19. Valor de medición de energía de radiación	33
Figura 20. Valor de medición de energía de radiación solar	34
Figura 21. Valor de medición de energía de radiación	35
Figura 22. Valor de medición de energía de radiación	36
Figura 23. Probabilidad de radiación solar	58
Figura 24. Diagrama unifilar del sistema de generación fotovoltaico	59
Figura 25. Caída de tención circuito 1	61
Figura 26. Panel fotovoltaico	69
Figura 27. Regulador de carga	70
Figura 28. Inversor	71

Índice de tablas

Tabla 1. Producción de energía solar en el mundo 2014.....	1
Tabla 2. Operacionalización de Variables	18
Tabla 3. Distribución de ambientes	23
Tabla 4. Cargas en el caserío	23
Tabla 5. Ritmo de uso de las cargas eléctricas	24
Tabla 6. Cargas especiales.....	26
Tabla 7. Valor de medición de radiación solar	29
Tabla 8. Valor de medición radiación solar.....	30
Tabla 9. Valor de medición de radiación solar	31
Tabla 10. Valor de medición de radiación solar	32
Tabla 11. Valor de medición de radiación solar	33
Tabla 12. Valor de medición de radiación solar	34
Tabla 13. Valor de medición de radiación solar	35
Tabla 14. Mediciones realizadas.....	37
Tabla 15. Análisis de medición de radiación.....	39
Tabla 16. Cálculo de parámetros de weibull	46
Tabla 17. Factor de forma y escala de weibull	55
Tabla 18. Probabilidad de weibull	55
Tabla 19: Selección de Calibre del Conductor	60
Tabla 20. Caída de tensión en cada circuito de la red	63
Tabla 21. Pérdida de potencia activa en conductores	65
Tabla 22. Presupuesto del proyecto	73

RESUMEN

En la presente investigación denominada “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA, CUTERVO-CAJAMARCA.**”, tiene como objeto de estudio realizar el análisis de la generación y suministro de energía eléctrica al caserío la Ciruela, utilizando la energía solar como recurso energético, y que a través de la conversión energética en los paneles fotovoltaicos, electrificar las viviendas del sector.

La investigación empieza con la determinación de la máxima demanda y energía consumida del caserío, el cual cuenta con 22 viviendas y 119 habitantes; determinándose que la máxima demanda es de 4300.42 Watt, y el consumo de energía es de 15412.1 Watt – hora, incluyendo las pérdidas en los conductores.

Así mismo se hizo las mediciones de los niveles de radiación solar en la zona, utilizando el equipo de medición con un protocolo de medición predeterminado, obteniendo como resultado del análisis de los registros de medición por el método de Weibull, un valor de 6.26 KW-h/m² como mayor valor de probabilidad del 24%.

Se diseñó la red de distribución eléctrica, cuatro circuitos que alimentan de energía a las 22 viviendas y un circuito para las cargas adicionales, y se determinó la caída de tensión en cada uno de ellos, teniendo como valor máximo de caída de tensión de 2.10%, inferior al 5% reglamentado para el sector eléctrico rural. También se hizo el dimensionamiento de los paneles solares, los cuales se requieren 11 de 300 Watt, 8 baterías de 540 Amperios Horas, y un regulador e inversor de carga de 3.3 KW.

Finalmente, se hizo el presupuesto del proyecto de inversión social, el cual asciende a 14995 Soles, con un costo de mantenimiento anual de 749.75 Soles.

Palabras claves: Sistema Fotovoltaico, Radiación Solar, Máxima Demanda, Consumo de Energía.

ABSTRACT

In the present investigation called “DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM TO SUPPLY ELECTRIC ENERGY TO CASERIO THE CIRUELA, CUTERVO-CAJAMARCA.” has as object of study to carry out the analysis of the generation and supply of electric energy to the farm Plum, using solar energy as an energy resource, and that through the energy conversion in photovoltaic panels, electrify the homes of the sector.

The investigation begins with the determination of the maximum demand and consumed energy of the hamlet, which has 22 houses and 119 inhabitants; determining that the maximum demand is 4300.42 Watt, and the energy consumption is 15412.1 Watt - hour, including the losses in the conductors. The measurements of the solar radiation levels in the area were also made, using the measurement equipment with a predetermined measurement protocol, obtaining as a result of the analysis of the measurement records by the Weibull method, a value of 6.26 KW- h / m² as the highest probability value of 24%.

The electrical distribution network was designed, four circuits that supply power to the 22 homes and a circuit for the additional loads, and the voltage drop was determined in each of them, having as a maximum value of voltage drop of 2.10%, less than 5% regulated for the rural electricity sector. Sizing of the solar panels was also done, which required 11 of 300 Watt, 8 batteries of 540 Ampere Hours, and a regulator and inverter of load of 3.3 KW.

Finally, the budget for the social investment project was made, which amounts to 14,995 Soles, with an annual maintenance cost of 749.75 Soles.

Keywords: Photovoltaic System, Solar Radiation, Maximum Demand, Energy Consumption

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. A nivel internacional

“La energía fotovoltaica se ha convertido en una de las mayores industrias de la República Popular China. El país asiático es líder mundial por capacidad fotovoltaica, con una potencia instalada a principios de 2016 superior a los 43 GW” (Energy, 2017, p.3).

En el mundo, en el año 2014, existen diez países que generan a mayor cantidad de energía fotovoltaica, en total 456 GW, que tiene una representación significativa en la matriz energética mundial (Green Technology, 2015, p.4)

Tabla 1. *Producción de energía solar en el mundo 2014*

PAÍS	GW-H
1. CHINA	130.4
2. EE.UU	85.3
3. JAPÓN	63.3
4. INDIA	57.4
5. ALEMANIA	48.4
6. ITALIA	22.6
7. REINO UNIDO	14.2
8. FRANCIA	12.8
9. AUSTRALIA	12.2
10. PAKISTÁN	10
TOTAL	456.6

Fuente: Green Technology, 2015

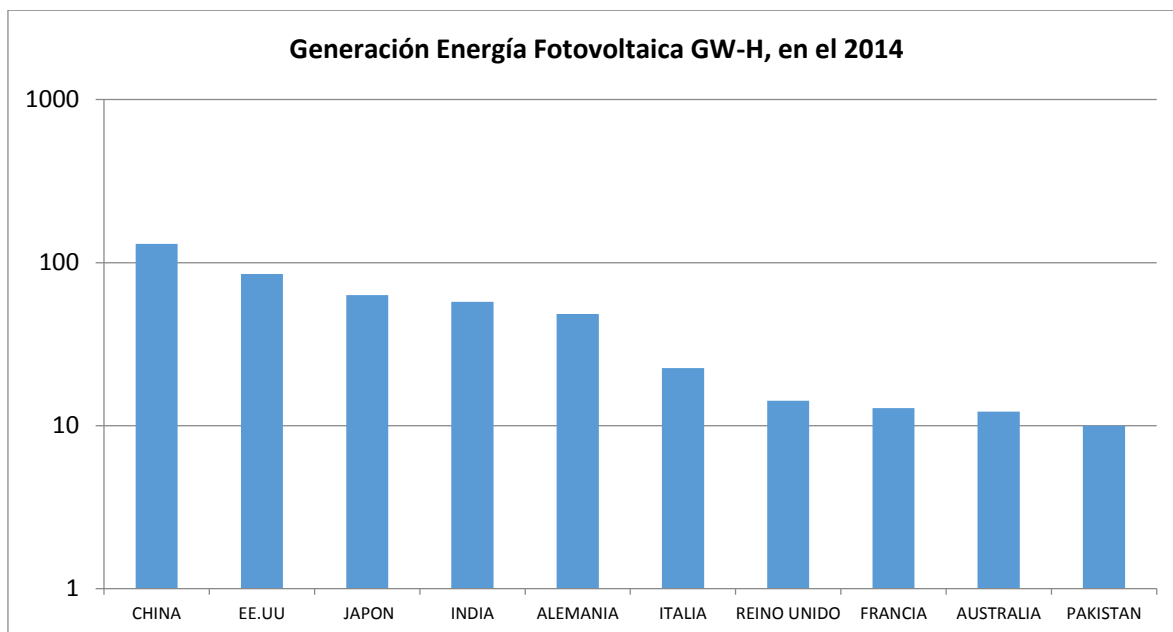


Figura 1. Mayores productores de energía en el mundo

China, el País con más población en el mundo, con un poco más de 1300 millones de Personas, es el líder en generación solar, con tendencia a incrementar su generación hacia el año 2050. A ello suma el uso de los techos de las viviendas como centrales fotovoltaicas, ello haría posible sostener el crecimiento poblacional. (Lara, 2015, p.1).

En China, desde el año 2001, se implantó el programa de electrificación nacional para el sector rural, el cual combina la utilización de energías renovables, tanto eólica como solar, esto con el fin de favorecer a los pobladores del sector rural, mejorar su estilo de vida, incentiva el uso industrial productivo, generando beneficios a los sectores rurales, a los cuales el acceso es complejo. (Ortega, 2012, p.5)

En Latinoamérica, los sistemas fotovoltaicos (FV), han tenido un crecimiento importante a partir del año 2014, teniendo en algunos países participación en la matriz energética nacional. Las centrales fotovoltaicas, con gran capacidad de producción de energía, empiezan a instalarse en algunos países como Chile, Argentina y Perú. A la par existen proyectos de menor escala, en donde los sistemas fotovoltaicos son aislados, y solo cubren la demanda de una vivienda. (OLADE, 2015, p.4)

Ecuador ha tenido importantes iniciativas de electrificación rural con FV gracias al Fondo de Electrificación Urbano Marginal (FERUM) entre otras iniciativas. Ha sido pionero en el desarrollo de proyectos de micro redes FV aisladas. Además en 2014 inició la hibridación

con generación FV y banco de baterías de una central diésel en la isla Santa Cruz, Galápagos que pretende reducir el consumo de diésel. Su resolución de tarifas preferenciales (feed-in tariffs) por tecnología promovida desde 2002, atrajo gran cantidad de inscripciones para generar a gran escala durante el 2012 – 2013 y obtener dichos beneficios, pero la implementación de dichos proyectos ha sido lenta. (OLADE, 2015, p.6).

Chile, a pesar de liderar en américa latina la economía, no logra electrificar al 100%; siendo los grupos electrógenos los que se utilizan en zonas alejadas; sin embargo el Gobierno Chileno, ha emitido políticas energéticas, las cuales incentivan al uso de energías renovables, que aún tienen costos elevados, y no están al alcance de la población aislada del sistema interconectado de energía eléctrica. (Energiza, 2016, p.1)

Chile, es el país que cuenta con el mayor potencial en energía solar del mundo, fundamentalmente por la existencia del desierto de Atacama, que según los reportes de las estaciones meteorológicas locales y mundiales, tiene los mayores niveles de radiación, con valores de 310 watt por metro cuadrado; al mediodía la radiación solar es de 1000 watt por metro cuadrado. (Espinoza, 2017, p.5).

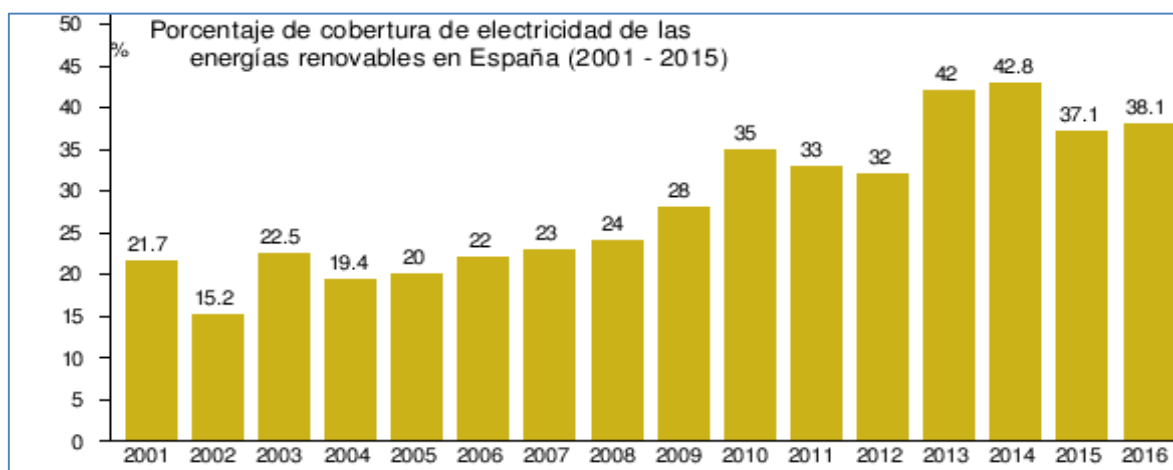


Figura 2. Cobertura de electricidad en España con energías renovables 2001-2015

Fuente: Joaquín, 2015

1.1.2. A nivel nacional

En lo rural la electrificación Peruana presenta características como son: la lejanía, poca accesibilidad de sus localidades, consumo unitario reducido, poblaciones y viviendas

dispersas, bajo poder adquisitivo de los moradores. (Plan Nacional de Electrificación Rural, 2016, p.4)

En el Perú, existen zonas rurales en los cuales es complejo el acceso de la energía eléctrica, básicamente por lo accidentado de la geografía del lugar, la alta dispersión de las viviendas, el bajo poder adquisitivo de la población, todos estos factores contribuyen que la electrificación rural en el año 2017 sea del 93%; sin embargo dicho valor se ha incrementado significativamente desde el año 1993, que tenía un valor de 8%. (Banco Mundial, 2016, p.3)

Más de 560 mil paneles fotovoltaicos, que producirán 144.48 MW, lucirá la central solar fotovoltaica Rubí, ubicada en Moquegua. Con ello se convertirá en la central de este tipo más grande del Perú, destacó el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin, 2017, p.1).

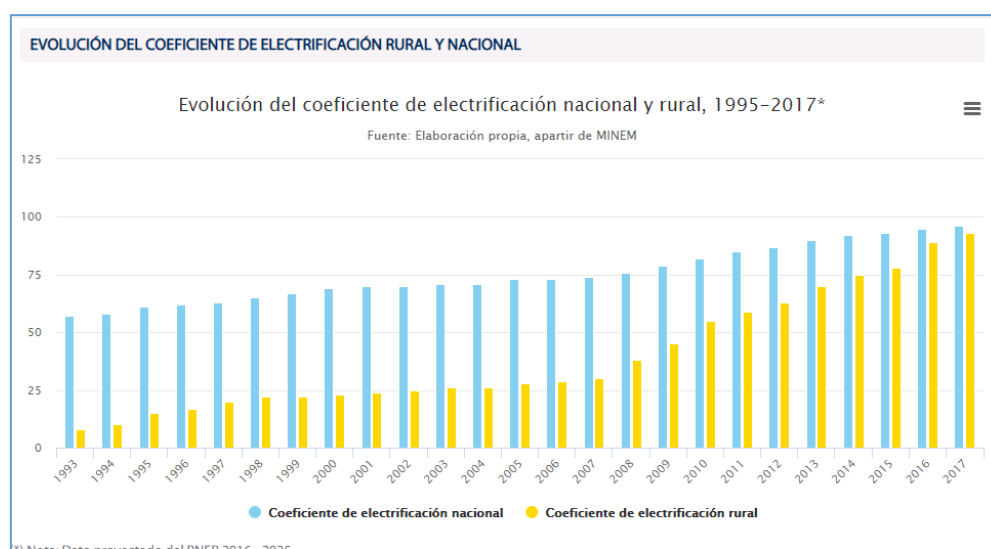


Figura 3. Evolución del coeficiente de electrificación rural y nacional

Fuente: OSINERGMIN, 2017

La electrificación rural Peruana, se ha incrementado desde un valor inferior al 10% en el año 1993, hasta un valor superior al 80% en un periodo de 25 años; quedando aproximadamente 20% del sector rural aun por electrificar; según el plan nacional de electrificación rural, no será posible lograr la cobertura al 100% con energía de la red, es necesario el uso de energías no convencionales renovables, en lugares donde el acceso es complejo, así como también los niveles de extrema pobreza, específicamente en las regiones más pobres del país. (OSINERGMIN, 2017, p.3)

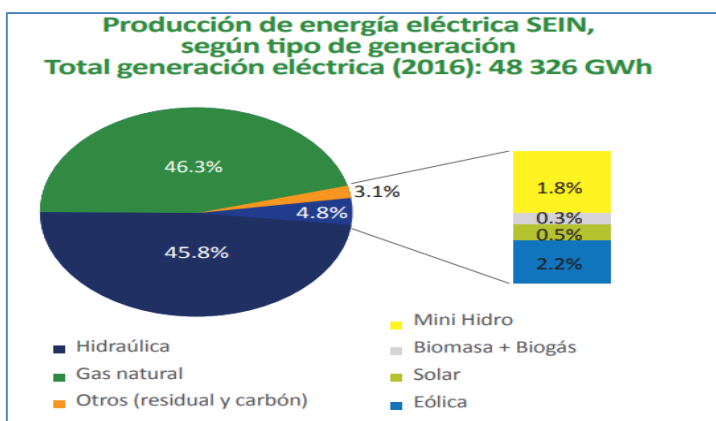


Figura 4. Producción de energía SEIN

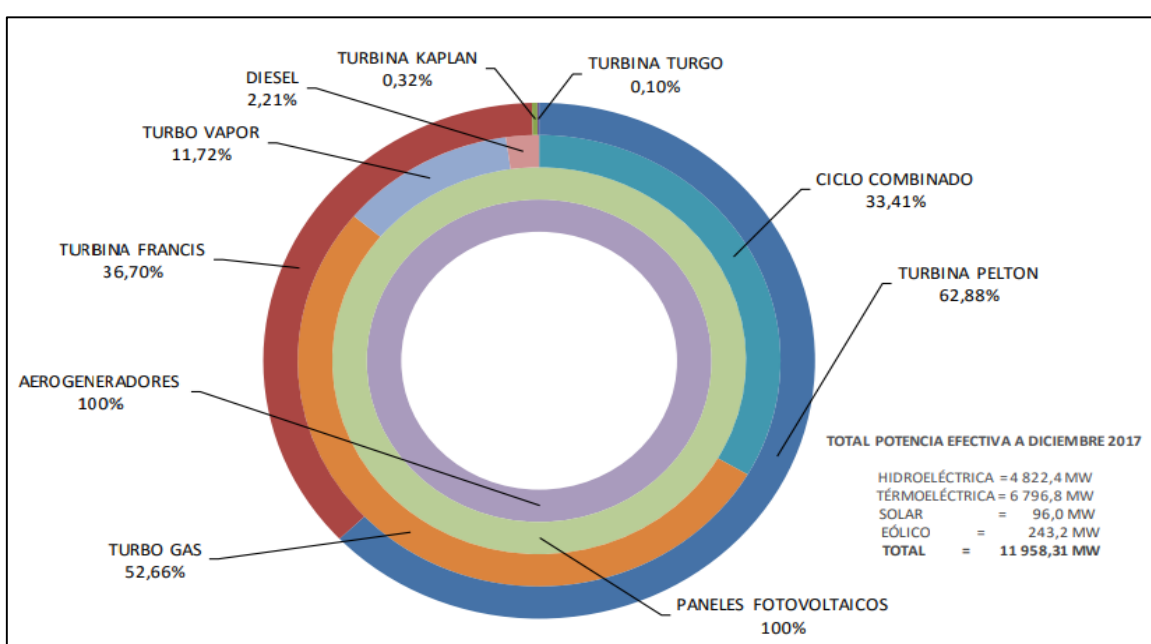


Figura 5. Matriz energética en el país 2018

Fuente: COES 2018

La matriz de energía Peruana, en el año 2018, muestra a la energía solar con un aporte de 96 MW, y a la energía eólica de 243 MW; los cuales a pesar de tener poca influencia en el sistema que es de 12000 MW aproximadamente, los precios de la energía por éste tipo se hacen competitivos en el mercado eléctrico, con tendencia a disminuir los precios, debido a la baja de los costos de la tecnología, así como también a las políticas de incentivo que otorga el estado para que éstos tipos de energía logren ingresar al mercado eléctrico Peruano, con relativa importancia. (COES, 2018, p.6

1.1.3. A nivel local

La Ciruela (caserío), se ubica en el Distrito de Choros, Provincia de Cutervo-Cajamarca, no cuenta con energía eléctrica en las viviendas, los cuales utilizan sistemas rudimentarios para la iluminación, actualmente los pobladores cubren sus necesidades energéticas con el uso de velas, linternas a pilas, baterías de 12 voltios.

Los artefactos eléctricos con los que cuenta se reducen básicamente a una radio que funciona a pilas, y con TV con baterías de 12 voltios, los cuales son recargadas cada cierto tiempo, por solo algunos usuarios. En promedio algunas viviendas consumen 30 velas, 4 pilas, 2 recargas de baterías al mes; éstas carencias hace que los niveles de información y comunicación sean bajos, con poco conocimiento de la realidad nacional, poca identificación con la nación, actividades tradicionales que demandan mucho esfuerzo físico.

La red del sistema interconectado, se encuentra ubicado a 50 Km del caserío, lo cual para una interconexión se requiere de la ejecución de la obra de instalación de una red eléctrica a 22.9 KV, que no está incluido en el (Plan Nacional de Electrificación rural).

Las producciones agrícolas en la zona, son el arroz, plátano entre otros productos, los cuales se venden tal igual como se cosechan, no existiendo un proceso de acondicionamiento y almacenamiento de la producción, esto debido a que no existe energía eléctrica, que acciones éstos mecanismos; la cosecha del arroz, y se realiza de manera manual, lo cual tiene como consecuencia que el trabajo sea forzado con bajas utilidades.

1.2. Trabajos previos

(FLORES, 2017), EN SU TESIS: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE AL CASERÍO TÚPAC AMARU, OLMOS, presentado a la Universidad César vallejo, menciona en sus conclusiones:

Que primeramente; se logró ubicar dicha zona donde el agua que se encuentra bajo el sub suelo tiene un volumen mayor que en otros sitios, gracias a la técnica utilizada (digrafía eléctrica) y se confirmó que a 24 m de profundidad se encuentra un volumen utilizable y un caudal de 25 l/s.

Dicha población, necesita diariamente un volumen de agua de 9.85 metros cúbicos en los primeros años del proyecto y proyectando a 20 años se necesita 12.13 metros cúbicos, también determino la construcción de un tanque elevado de concreto, con una capacidad de 6.25 metros cúbicos a una altura de 5 m de esta manera garantiza suficiente agua a la localidad.

Se realizó mediciones de radiación solar en la zona elegida utilizando un solarímetro digital dichas mediciones entre las 12:00 y 14:00 horas superan los 6 Kw-h/m².

Concluyo que la radiación solar en la zona garantiza la instalación de arreglos solares para el proyecto de abastecimiento de agua.

El costo del proyecto es de 8,747.46 nuevos soles es de interés social y no de inversión.

(PÉREZ GARRIDO, 2014), en su Tesis de Grado denominado: “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, UTILIZANDO AMPOLLETAS DE BAJO CONSUMO Y ALIMENTADO POR PANELES FOTOVOLTAICOS”, presentado a la Universidad Austral de Chile, presenta en el resumen:

La tesis tiene como objeto de estudio el uso de un sistema de iluminación, siendo de utilidad debido al incremento del consumo de energía en los diferentes suministros de la región. El sector industrial, es el que lidera el consumo de energía, para satisfacer los requerimientos de los procesos productivos.

Gradualmente, se han tomado medidas con la finalidad de mejorar la utilización de los recursos energéticos con los que cuenta el país, y para ello fue necesario la implantación de políticas denominadas políticas de eficiencia energética para los equipos o artefactos electrodomésticos, los cuales cada vez presentan menor potencia instalada cumpliendo los mismos fines.

En el campo de la iluminación, la tecnología LED, es la que actualmente ofrece menor consumo de energía, disminuyendo hasta en 5 veces el consumo de energía por sistemas de iluminación convencional. La principal ventaja de la tecnología LED, es la eficiencia del equipo para transformar la energía eléctrica en energía luminosa.

El norte de Chile, es un caso extraordinario en cuanto al potencial de radiación solar y las horas solares. El trabajo contempla realizar un arreglo fotovoltaico para suministrar de energía a una vivienda, a la cual se instalarán luminarias o ampolletas LED, siendo uno de los objetivos, analizar si es conveniente la utilización de estos equipos de iluminación.

Prado (2014), en su trabajo de investigación titulado “Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada”.

En su objetivo específico plantea indagar acerca de las primordiales peculiaridades y el valor que conlleva producir energía renovable. Existe una variedad de baterías para arreglos fotovoltaicos en el mercado y concluye que los valores en determinados acumuladores se relacionan con las características de operación, como son una vida útil, libre de mantenimiento; para la selección de baterías de este tipo de sistemas es determinante establecer el tipo de almacenamiento requerido para determinadas circunstancias el costo y las características ansiadas para el sistema de acumulación (p.78).

(RAMOS , 2014), en su tesis de grado denominado: “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED PARA EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SALAMANCA”

Se logró llevar acabo la medición de la irradiación en la Universidad Tecnológica de Salamanca, siendo esta la única medición directa que presenta la región, ya que los centros de investigación generan la información por trazabilidad y/o proyecciones. La variación entre la carga medida, la registrada por CFE y la tomada, se encuentra en promedio de los 12,000 W/m² lo que garantiza el abasto de energía en el edificio.

Para poder abastecer la demanda de consumo de corriente eléctrica por parte del edificio de docencia con una totalidad de 83,661.65 KW por año, se colocarán paneles solares conectados a la red de suministro local. El consumo energético diario en promedio asciende aproximadamente 229.210 KW, tomando en cuenta que el día sábado solo se labora medio día y el domingo a ninguna hora, se planea conectar los paneles a la red para lograr retribuir más a la compañía de luz en estos días de desuso. Este proyecto es considerado el inicio de una serie de proyectos a la institución para generar una Universidad sustentable en su mayoría obviamente por las demandas de algunos equipos se torna un tanto complejo sin embargo existen alternativas para poder reducir los consumos y aprovechar en gran medida los recursos naturales para nuestro beneficio y nuestro entorno.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Energía solar

La energía existente en la tierra nos genera el Sol y una mínima cantidad utilizamos para la vida en la biósfera, el resto se pierde al exterior debido al fenómeno llamado albedo. (Jutglar, 2008, p. 15)

Fuente proporcionada por el sol, gracias al resultado de las reacciones nucleares de fusión que llegan a la tierra a través de los llamados fotones. (Guevara, 2016, p. 62)

“Los sistemas fotovoltaicos, transforman la energía solar en energía eléctrica, para lo cual existe la conversión energética de radiación solar en diferencia de tensión” (Renovetec, 2016, p.4).

1.3.2. Unidades de medida de la energía solar

La Unidad del Sistema Internacional de Unidades para el nivel de radiación solar es el (KWh/m²). Se resalta que es una unidad de energía y no de potencia. Algunos utilizan como unidad el (MJ/m²) o unidades de calor como (Cal/m²) o BTU/ft². (Lara, 2007, p. 17)

1.3.3. Energía fotovoltaica

Este proceso de conversión se produce en cuanto la luz solar incide sobre las células fotovoltaicas. El panel solar usa materiales semiconductores y capta los fotones transmitidos en la luz solar para transformarlos en una corriente continua de electrones, es decir, en electricidad (sustentator, 2017, p.3).

1.3.4. Radiación solar

Conjunto de radiaciones emitidas por el sol hacia un cuerpo en la superficie de la tierra y este es irradiado, hoy en día se usa el término radiación para referirse a la irradiancia. Recolectando de forma adecuada la radiación solar podemos conseguir electricidad a través de los arreglos fotovoltaicos, para medir la radiación solar se utiliza un instrumento llamado Piranómetro (Abal y Durañona, 2013, p. 1).

1.3.5. Tipos de radiación solar

Radiaciones ionizantes. Corresponden a las radiaciones de mayor energía (menor longitud de onda) dentro del espectro electromagnético. Tienen energía suficiente como para arrancar electrones de los átomos con los que interaccionan, es decir, para producir ionizaciones.

Radiaciones no ionizantes. Son aquellas que no poseen suficiente energía para arrancar un electrón del átomo, es decir, no son capaces de producir ionizaciones.

1.3.6. Efecto fotovoltaico

Se da debido a un fenómeno físico de la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores, como la transformación espontánea de la energía solar en energía eléctrica.

1.3.7. Tipos de espectro solar

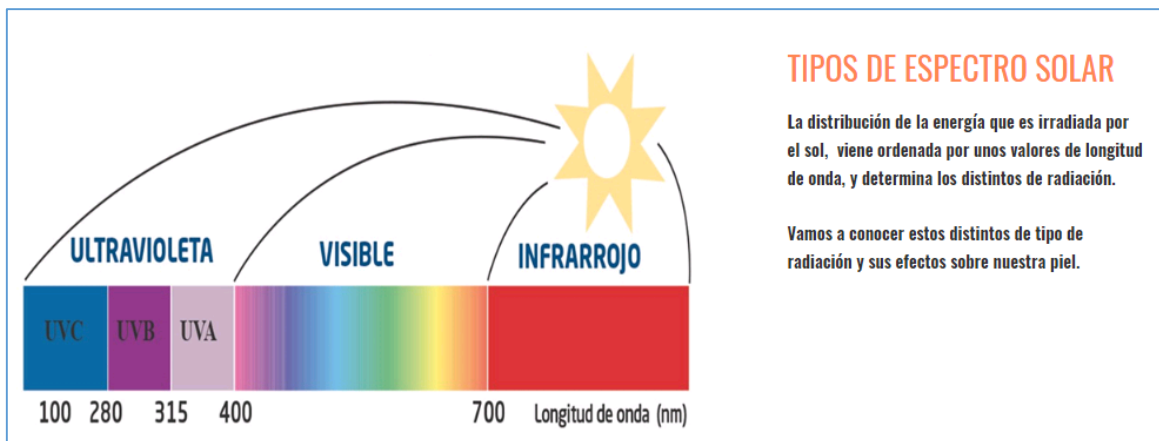


Figura 6. Tipos de espectro solar

1.3.8. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos

Se clasifican en tres grupos: Sistemas fotovoltaicos de conexión a red, autónomos de electrificación y de bombeo (RENOVETEC, 2016, p.3).

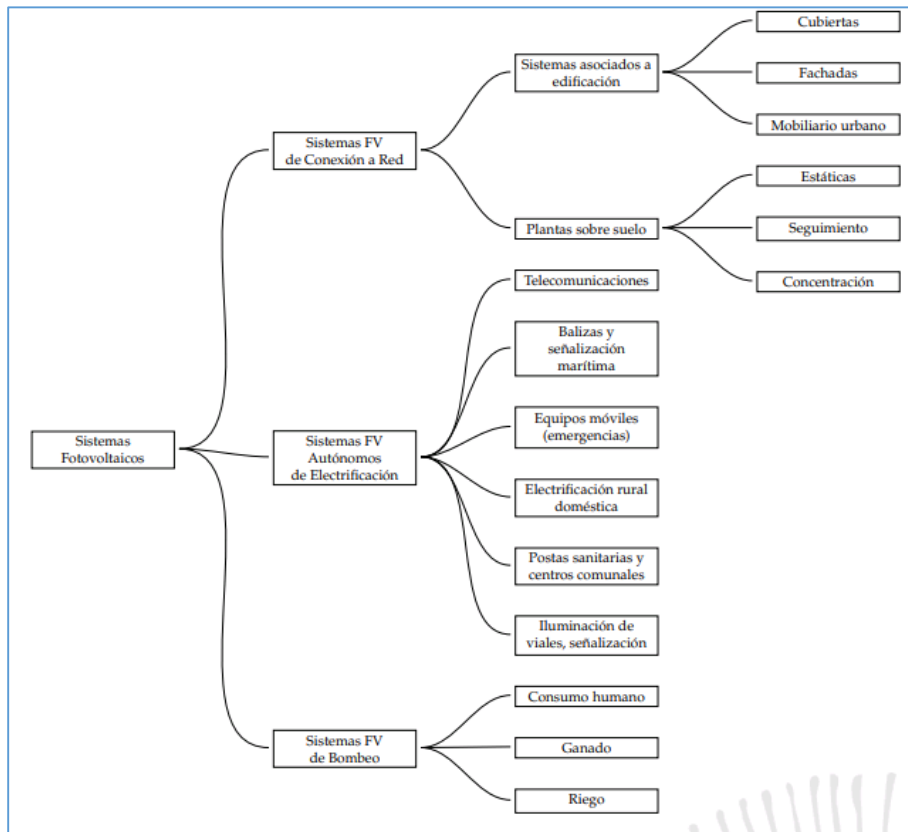


Figura 7. Sistemas fotovoltaicos

1.3.9. Horas pico solar

Es la potencia máxima que los Paneles fotovoltaicos pueden generar de acuerdo a la insolación. (Pareja, 2010, p.3).

$$1HSP = \frac{1000W * 1h}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1J/s}{1W}$$

$$1HSP = 3,6 MJ/m^2$$

1.3.10. Sistema fotovoltaico

“Ubicado en lugares de difícil acceso a la red convencional, constituido por elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, la energía solar captada lo convierten en energía eléctrica para su utilización” (Mellado, 2002, p.21).

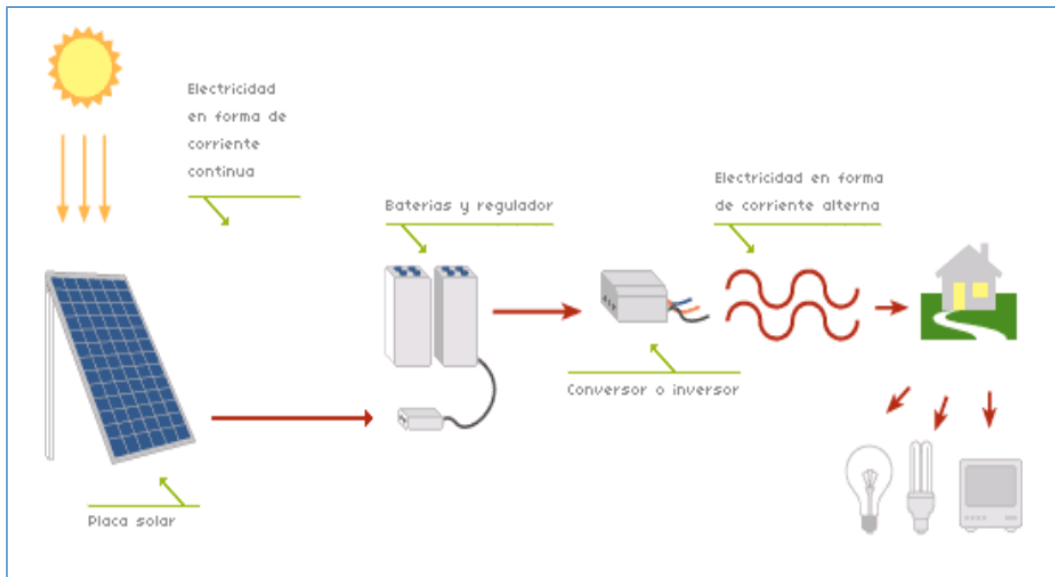


Figura 8. Elementos del sistema fotovoltaico

1.3.11. Principales componentes

Los sistemas Fotovoltaicos aislados están conformados por: Módulos Fotovoltaicos, Baterías, Regulador de carga, Inversores para luego ser suministrada a los hogares.

Módulos fotovoltaicos. Reciben la energía emitida por el sol para producir energía eléctrica. Están diseñados para obtener voltajes de operación apropiados para el sistema según requerimientos (Meléndez, Cuervo y Eca, 2007, p. 40).

Baterías. Acumuladores de corriente para ser suministrada al sistema en ausencia de la luz solar, son recargadas por los módulos fotovoltaicos (Schallenberg, 2008, p. 41).

Regulador de carga. Controla el voltaje, corriente de entrada y salida de los paneles fotovoltaicos a las baterías, garantizando la operatividad y seguridad de las mismas (entusiasmo de la energía, 2000, p. 31).

Inversor. Dispositivo diseñado para el uso de diferentes utilidades, como sistemas fotovoltaicos aislados a la red convencional, transforma la corriente continua en alterna (Schallenberg, 2008, p. 66).

Conexión de los Paneles Fotovoltaicos.

“La conexión de los paneles se conectan ya sea en serie o en paralelo para ajustar una distribución apropiada a los requerimientos, de tensión y de corriente eléctrica”. (Pareja, 2013).

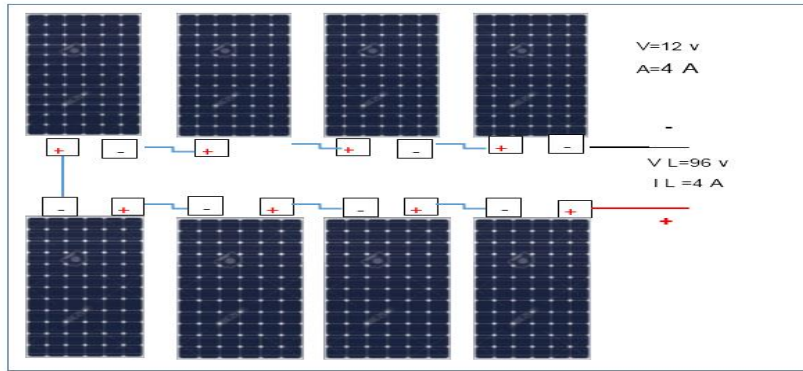


Figura 9. Conexión de módulos en serie paralelo

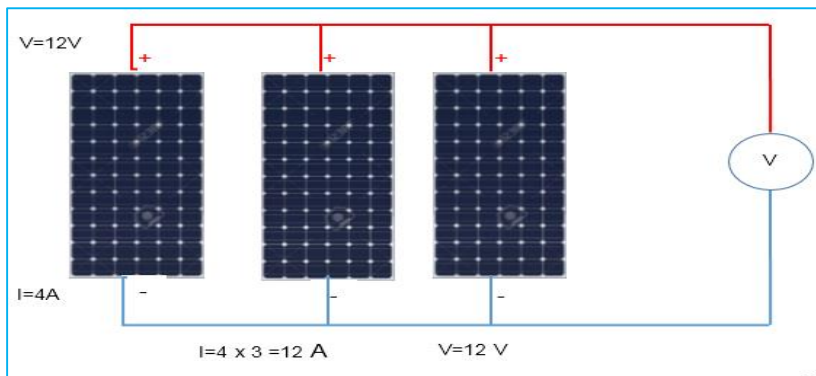


Figura 10. Conexión de modulo en paralelo

1.3.12. Generación de energía eléctrica en corriente continua

La corriente continua se refiere al flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial y carga eléctrica, que no cambia de sentido con el tiempo. A diferencia de la corriente alterna, en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección. (Red Eléctrica de España, 2014, p.6)

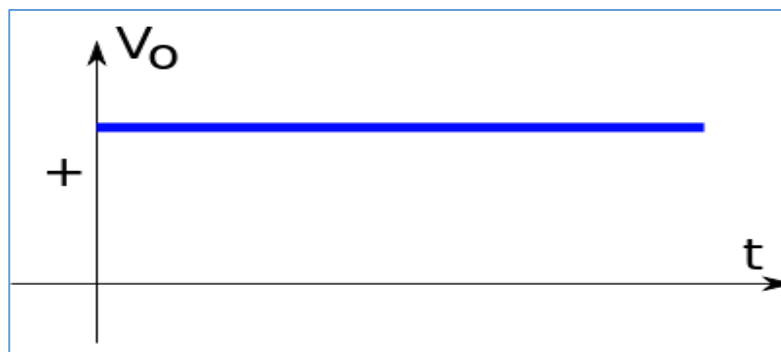


Figura 11. Gráfica de corriente continua

1.3.13. Conexión de cargas en serie y paralelo

Uno de los elementos básicos de un circuito son las resistencias. Con ellas se puede regular (entre otras cosas) la intensidad de corriente que circula por el circuito o por alguna de sus ramas. Si se dispone de más una resistencia se pueden conectar entre ellas para formar asociaciones de dos tipos:

Circuito en Serie.

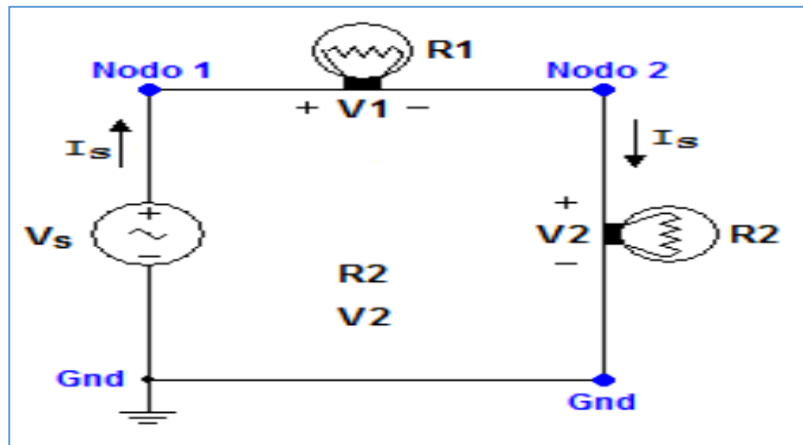


Figura 12. Conexión de cargas eléctricas en serie

El circuito serie es una configuración de conexión en la que los bornes o terminales de los dispositivos se conectan secuencialmente. (Sánchez, 2014, p.4).

El circuito paralelo es una conexión en la que los bornes o terminales de entrada de todos los dispositivos conectados coinciden entre sí, lo mismo que sus terminales de salida.. (Sánchez, 2014, p.5)

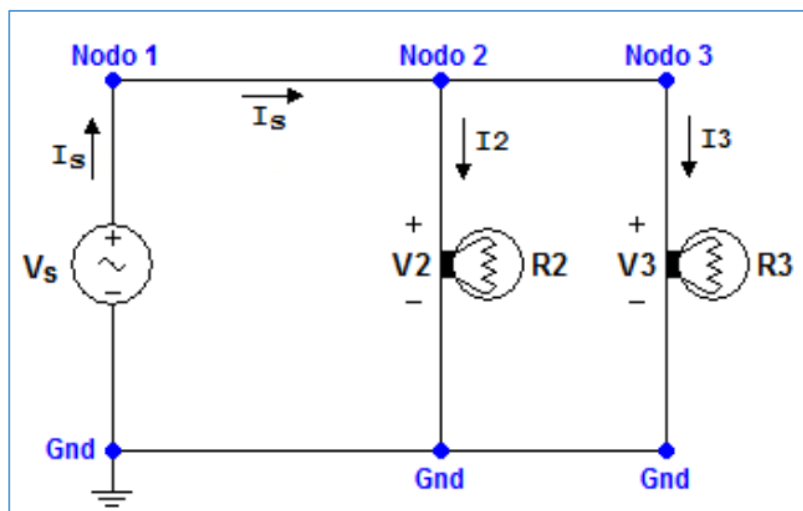


Figura 13. Conexión de cargas eléctricas en paralelo

1.4. Formulación del problema

¿Cómo diseñar un sistema de generación fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío la ciruela, provincia de Cutervo-Cajamarca?

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Técnica

Se justifica porque actualmente existen paneles fotovoltaicos capaces de transformar la energía que irradia el sol en energía fotovoltaica a alta eficiencia, es decir que con niveles de radiación solar alrededor de KW/m², se genera una diferencia de tensión en sus bornes; ésta energía generada, se controla, se almacena, se invierte y se distribuye a las cargas eléctricas, de manera eficiente. Así mismo se justifica técnicamente la implementación de éste proyecto, porque el caserío la Ciruela, está situado a 50 Km, lo cual para una interconexión se requiere de la ejecución de la obra de instalación de una red eléctrica a 22.9 KV, que no está incluido en el Plan Nacional de Electrificación rural, por lo tanto el uso de la energía solar se justifica técnicamente.

1.5.2. Social

Socialmente justifica porque al contar con energía eléctrica, los pobladores de la Ciruela elevan su calidad de vida al tener servicios dentro de su hogar que facilita sus labores, como la conservación de sus alimentos, tener acceso a los medios de comunicación. Radio, televisión, etc. La iluminación incrementa las horas de actividades sociales, y que al no tenerla solo está supeditado a la iluminación natural.

1.5.3. Económica

El acceso a la energía eléctrica, trae como consecuencia el acceso a las comunicaciones e informaciones a través de los medios de información, con lo cual los pobladores podrán realizar actividades económicas por éstos medios, los cuales incrementan a las actividades económicas que realizan como es la agricultura, la ganadería, etc.

1.5.4. Ambiental

La transformación de energía eléctrica a partir de los paneles fotovoltaicos, es considerada como energía renovable no convencional, debido a que con los mismos niveles de generación con otras fuentes como las de los grupos electrógenos, se evita las emisiones de gases de escape, que tiene contenidos de dióxidos de carbono, de esa manera contribuye a disminuir el efecto invernadero.

1.6. Hipótesis

El Diseño De Un Sistema de generación Fotovoltaico Permite Determinar El Suministro De Energía Eléctrica al Caserío La Ciruela, Provincia De Cutervo-Cajamarca.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivos generales

Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al caserío la ciruela, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

1.7.2. Objetivos específicos

Determinar la máxima demanda de energía eléctrica en el caserío la Ciruela provincia de Cutervo-Cajamarca de acuerdo al consumo de energía real.

Determinar el índice de radiación promedio, empleando el método de weibull.

Dimensionar los elementos electromecánicos del sistema de generación fotovoltaica, de acuerdo a la máxima demanda del caserío de la ciruela-Cutervo-Cajamarca.

Realizar el presupuesto de la inversión del proyecto.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

No experimental.

La investigación es no experimental, porque se va a realizar las medidas a las variables tal como se muestran en campo para su análisis posterior. Instalaré un solarímetro en el caserío la Ciruela - Cutervo - Cajamarca para la medición de radiación solar en la zona, luego se diseñará el sistema de generación fotovoltaico.

2.2. Operacionalización de variables

2.2.1. Variable independiente

Diseño de un sistema de generación fotovoltaica.

2.2.2. Variable dependiente

Verificar el suministro de energía eléctrica al caserío de la Ciruela

2.2.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	MEDICIÓN
INDEPENDIENTE DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA	Es el conjunto de dispositivos que transforman la energía de la radiación solar en energía eléctrica.	Los dispositivos electromecánicos se seleccionan en función a sus parámetros de operación, los cuales optimizan el funcionamiento de cada uno de ellos, con el fin de que la conversión energética sea lo más eficiente para el distrito de ciruela.	Energía Solar. Energía Eléctrica	Radiación solar. Potencia Eléctrica	Guía de observación	KW/m2 KW
DEPENDIENTE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO DE LA CIRUELA	Es el transporte y distribución de la energía eléctrica generada en el panel solar, hasta los consumidores eléctricos, de acuerdo a la demanda de energía.	La electrificación de las viviendas con energía fotovoltaica, se realiza de acuerdo a lo especificado por las normas vigentes, dimensionando los dispositivos desde la generación hasta el uso final de la energía.	Energía Eléctrica. Eficiencia	Voltaje. Intensidad de corriente. Frecuencia eléctrica	Guía de observación	Voltios. Amperio. Hertz.

Fuente: guía de observación.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Es el objeto de estudio, son los niveles de radiación de la zona del proyecto.

2.3.2. Muestra

La muestra coincide con la población

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Revisar documentos.	Revisar los trabajos de Investigación, artículos científicos, y manuales de los fabricantes para diseñar.	Revisión bibliográfica. Evaluación Documentaria.
Observación.	Se realizarán las medidas de radiación solar de la zona (la ciruela). Consumo de energía en la zona (la ciruela).	Ficha del nivel de registro de radiación. Ficha de consumo de energía.
Entrevista.	Conversación con los moradores de la zona.	Cuestionario de preguntas.

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se emplearán las siguientes técnicas:

Revisión documentaria

Dicha técnica nos permitirá buscar las normas vigentes para el diseño del sistema fotovoltaico, para la generación eléctrica y la selección de los equipos ideales a través de los documentos especializados.

Observación

Se va a usar para la medición de los parámetros que necesitamos para diseñar el sistema fotovoltaico, radiación solar, consumos energéticos, etc.

Entrevista

Técnica que consiste en conversar con moradores que viven en el caserío de la Ciruela podremos conocer los requerimientos presentes y futuros de energía eléctrica.

2.4.2. Instrumento de recolección de datos

Ficha de revisión bibliográfica

A través de esta ficha nos permitirá la información acerca del diseño de los sistemas fotovoltaicos para el suministro de energía eléctrica.

Ficha de niveles de radiación solar

Nos permitirá realizar el registro de las mediciones de radiación solar que se van a realizar en el caserío de la Ciruela Cutervo Cajamarca con el objetivo de calcular el potencial, este instrumento contiene datos muy importantes que facilitara para el diseño de la central fotovoltaica.

Ficha de registro de consumo de energía

Este instrumento permite el registro actual de consumo de energía en el caserío que están limitados, optando por sistemas rudimentarios como son el uso de velas, baterías, linternas a pilas, combustibles, etc.

Cuestionario de preguntas

Se realizará un cuestionario de preguntas hacia los moradores del caserío de la Ciruela provincia Cutervo departamento Cajamarca relacionadas al diseño del sistema de generación fotovoltaica para su suministro eléctrico.

2.4.3. Validez

Lo válido del proyecto a investigar nos concierne a interpretar correctamente y al cuidado del proceso de los resultados obtenidos en el estudio del tema científico estudiado, la de utilizar la energía solar para la electrificación del Caserío la Ciruela, en la Provincia de Cutervo-Cajamarca.

2.4.4. Confiabilidad

Estará dada por el profesionalismo que validen los equipos que se utilizarán en el campo para el diseño del sistema fotovoltaico para el (caserío de la Ciruela – Cutervo – Cajamarca).

2.5. Método de análisis de datos

Los registros de medición serán analizadas mediante el análisis probabilístico del método de Weibull, para determinar el valor de radiación solar a utilizar.

2.6. Aspectos éticos

Estamos obligados a poner fuentes veraces y objetivas de información, tener la plena responsabilidad en tomar decisiones con la seguridad, salud, medio ambiente para satisfacción de la sociedad.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar la máxima demanda de energía eléctrica en el caserío la Ciruela provincia de Cutervo-Cajamarca, de acuerdo al consumo de energía real

El caserío de la Ciruela, está situado en el distrito de Choros, provincia de Cutervo-Cajamarca. Es un caserío considerado en extrema pobreza, no cuenta con los servicios básicos (energía eléctrica, agua, desagüe). Su población es de 119 habitantes que se dedican a las siguientes actividades: como son la agricultura, la ganadería (caprino) y la crianza de aves de corral para el sustento diario de su hogar.

El caserío está conformado por 22 viviendas con un área de 90 m² c/u en promedio, y están hechas de materiales que proporciona la zona (adobe, quincha, barro, piedra, etc.) y están ubicadas a lo largo de la trocha carrosable que pasa por su zona de influencia.

Cerca al caserío pasa el río Marañón, que es la fuente de agua para el mismo su temperatura promedio anual es de 27 a 29°C presentando la siguiente ubicación:

Latitud Sur: 5°47'15"

Latitud Oeste: 78°41'40.4"

Altitud: 479 m.s.n.m.

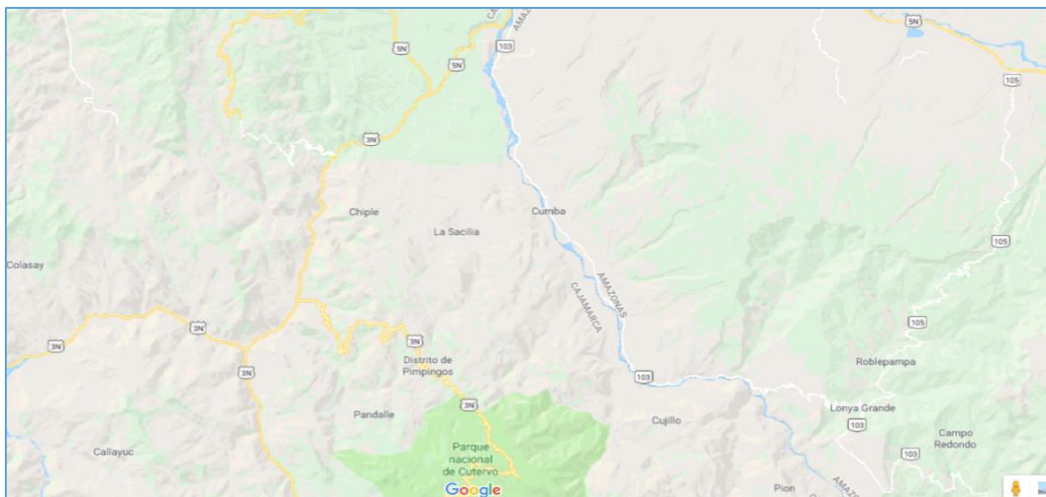


Figura 14. Ubicación del caserío de la ciruela

Fuente: Google Earth, 2019.

La distribución de los ambientes de una vivienda promedio se muestra en el la tabla N° 2.

Tabla 3.*Distribución de ambientes*

1 Sala Comedor
1 Dormitorio
2 Dormitorios
1 Baño
1 Almacén de granos
1 Cocina

Fuente: Observación directa

En promedio, se tiene la tabla 3, las cargas en el caserío de la Ciruela-Cutervo-Cajamarca.

Tabla 4. *Cargas en el caserío*

Nº	Ítem.	Potencia instalada. (w)	Cantidad.	Ubicación.
1	Foco Led	18	1	Sala comedor
2	Foco Led	18	1	Dormitorio
3	Foco Led	10	1	Baño
4	Foco Led	18	1	Cocina
5	Foco Led	18	1	Almacén de granos
6	Radio	20	1	Dormitorio
7	TV 32"	80	1	Sala comedor
8	Cargador de Celular	2.25	1	Sala comedor

Fuente: Guía de Observación

3.1.1. Demanda de energía en cada vivienda

En la zona, la mayoría de pobladores se encuentra en sus hogares a partir de las 16.00 horas después de realizar sus faenas agrícolas y de ganadería, para la determinación de la máxima demanda; se realizó mediante el registro del tiempo de uso de cada carga del caserío de la Ciruela, mediante entrevistas a los moradores de la zona, pude determinar las horas que dichas personas utilizan con más frecuencia la energía eléctrica. En la tabla 4, tenemos el detalle del ritmo de uso de las cargas eléctricas en el caserío La Ciruela.

Tabla 5. Ritmo de uso de las cargas eléctricas

RITMO DE USO DE CARGAS ELÉCTRICAS DEL CASERÍO LA CIRUELA CUTERVO CAJAMARCA											
	Sala Comedor		Dormitorio				Cocina	Almacén de granos	Baño	POTENCIA(w)	CONSUMO(W X h)
HORA	Foco led 18 W	TV 32" 80 W	Foco led 18 W	Foco led 18 W	Radio 20 W	Cargador Cel 2.25 W	Foco led 18 W	Foco led 18 W	Foco led 10 W		
5:00-6:00	1			1	1		1		0.5	84	79
6:00-7:00					1					20	20
7:00-8:00		1								80	80
8:00-9:00											
9:00-10:00											
10:00-11:00											
11:00-12:00											
12:00-13:00											
13:00-14:00		1								80	80
14:00-15:00											
15:00-16:00											
16:00-17:00											
17:00-18:00					1					20	20
18:00-19:00	1	1	1				1			134	134
19:00-20:00	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	202.25	197.25
20:00-21:00	1			1	1	1			0.5	68.25	63.25
21:00-22:00	1		1		1					56	56
TOTAL DÍA											729.5

Fuente: Guía de Observación

De la tabla 4, puedo analizar que la demanda máxima ocurre entre las 19.00 y 20.00 horas y es de 202.25 watt, éste valor se ve influenciado por que a esa hora todas las cargas eléctricas son utilizadas en el interior de la vivienda rural; a las 6.00 y a las 17.00 horas, es en donde existen la menor cantidad de cargas eléctricas que se utilizan con un valor de 20 Watt.

3.1.2. Cálculo del factor de carga

El factor de carga es un indicador que permite determinar la eficiencia del consumo de la energía por las cargas eléctricas existentes en el interior de las viviendas; y se calcula con la expresión:

$$Fc = \frac{Ec}{MD * t}$$

Fc: Factor de carga

Ec: Energía consumida (watt_Hora)

Md: Máxima demanda (Watt)

t :Tiempo de funcionamiento (Horas), consideramos 17 horas, de 05:00 a 22:00 horas.

Reemplazando valores tenemos.

$$Fc = \frac{729.5}{202.25 * 17} = 0.21$$

El factor de carga es del 21%.

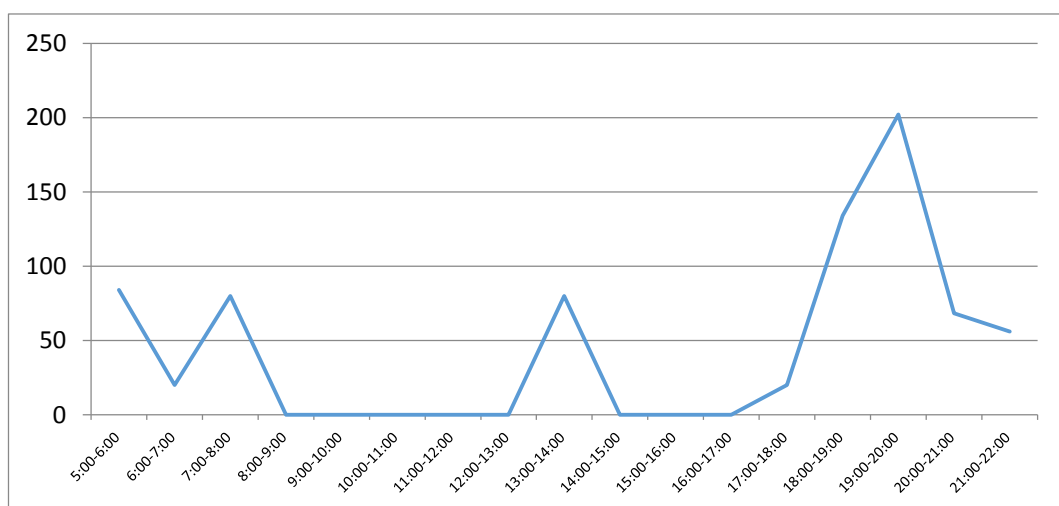


Figura 15. Diagrama de carga vivienda típica en la ciruela

En la figura 15, se observa el diagrama de carga de una vivienda del caserío La Ciruela, en el cual existen tres momentos de mayor uso de las cargas, uno de esos momentos en las primera horas del día, en el cual se alcanza una potencia de 84 Watt, el otro momento del día es entre las 13.00 y 14,00 horas, en el cual se tiene una potencia de 80 Watt, influenciado por el uso del TV. En horas de la noche, entre las 19.00 y 20.00 horas es en donde ocurre la máxima demanda, con un valor de 202.25 Watt.

3.1.3. Cargas especiales en caserío la Ciruela

Las cargas especiales que existen en el caserío son:

- a) Iluminación del Parque y vía Principal.
- b) Iluminación de local comunal.
- c) Iluminación de Iglesia.

En tabla 5, muestro el uso de cargas eléctricas especiales en el caserío La Ciruela.

Tabla 6. Cargas especiales

HORAS DE USO DE CARGAS ESPECIALES DEL CASERÍO LA CIRUELA CUTERVO CAJAMARCA									
	Parque y Calle				Local Comunal		Iglesia	POTENCIA (Watt)	CONSUMO (Watt-Hora)
HORA	Reflector Led 35 Watt	Reflector Led 35 Watt	Reflector Led 35 Watt	Reflector Led 35 Watt	Foco led 18 W	Foco led 18 W	Foco led 18 W		
18:00-19:00	1	1	1	1				140	140
19:00-20:00	1	1	1	1			1	158	158
20:00-21:00	1	1	1	1	1	1		176	176
TOTAL DÍA								=	474

Fuente: Guía de Recolección de Datos.

De la tabla 5, se puede analizar que la máxima demanda de las cargas especiales ocurre entre las 20.00 y 21.00 horas con un valor de 176 Watt, con un consumo diario de energía de 474 Watt-Hora.

3.1.4. Determinación de la máxima demanda y consumo de energía en caserío la Ciruela

Para determinar la máxima demanda del caserío la Ciruela, incluye el consumo de potencia eléctrica de las 22 viviendas y el consumo de potencia de las cargas especiales.

Actualmente en el Caserío la Ciruela, posee 22 viviendas, con una población de 119 Habitantes

La máxima demanda de las viviendas del caserío será la máxima demanda en cada vivienda por el número de viviendas y el factor de simultaneidad, de la misma forma se determina el consumo total de energía del caserío en un día.

El factor de simultaneidad es de 0.9, porque la población rural tiene estilos de vida parecidos, y tienen permanencia en sus casas en mayor frecuencia en horas de la tarde, de acuerdo a lo estipulado por el Código Nacional de Electricidad, tomo IV, la determinación de la máxima demanda de las viviendas del caserío la Ciruela, se determina con la expresión:

$$MD = MDv * Nv * F.S$$

Dónde:

MD: Máxima Demanda de viviendas del caserío La Ciruela.

MDv: Máxima demanda en cada vivienda.

Nv : N° de viviendas.

F.S: Factor de simultaneidad.

Reemplazando valores, se tiene:

$$MD = 202.25 * 22 * 0.9 = 4004.55 \text{ Watt}$$

Así mismo se tiene que el consumo de energía de las viviendas del caserío la Ciruela será de $729.5 * 22 * 0.9 = 14444.1$ Watt-Hora.

La determinación de la máxima demanda del caserío la Ciruela, el cual incluye la máxima demanda de las viviendas y de las cargas especiales, se realiza teniendo en cuenta el momento en el que ocurren estos consumos. La máxima demanda de las viviendas ocurre entre las 19:00 y 20:00 horas con un valor de 4004.55 Watt, y a esa hora el consumo de potencia eléctrica de las cargas especiales es de 158 Watt, por lo tanto la máxima demanda de todo el caserío la Ciruela es de $4004.55 + 158 = 4162.55$ Watt.

El consumo de energía eléctrica total en un día del caserío La Ciruela, es la suma de los consumos de energía eléctrica de las viviendas del caserío más el consumo de energía eléctricas de las cargas especiales, es decir $14444.1 + 474 = 14918.1$ Watt – Hora.

Además se tiene en cuenta las pérdidas de potencia activa, el factor de carga del caserío la Ciruela, se determina de la siguiente manera:

$$Fc = \frac{Ec}{MD * t}$$

Donde:

Fc: Factor de Carga del Caserío La Ciruela

Ec: Energía Consumida total (Watt – Hora). 14918.1 Watt – Hora

Md: Máxima demanda

MD: Máxima Demanda. 4162.55Watt.

t: Tiempo de funcionamiento (horas) considero 17 horas de las 05:00 a 22:00 horas.

Reemplazando valores tenemos.

$$Fc = \frac{14918.1}{4162.55 * 17} = 0.2108$$

El factor de carga es del 21.08%, para las viviendas del sector rural. Este valor de Factor de carga corresponde a una vivienda del caserío la Ciruela, de acuerdo al Código Nacional de electricidad, tomo IV; además se determina el factor de carga de todo el caserío, para lo cual se tiene en cuenta las cargas especiales existentes en el lugar.

3.2. Determinar el índice de radiación promedio, empleando el método de weibull

3.2.1. Protocolo de medición

Las mediciones de los valores de radiación solar se realizaron en el Caserío La Ciruela, utilizando el equipo de medición “Solarímetro”, el cual registra el valor de medición en watt/m2.

La radiación solar medida en unidades de potencia (W/m²) densidad superficial. Los datos recolectados cada 10 minutos es la potencia media en 10 minutos.

Para la toma de lecturas se tuvo en cuenta:

- a) Se realizó la lectura de la potencia en un valor promedio dentro de un periodo de 10 minutos. Es decir la energía que se tiene en un periodo de 10 minutos será:

$$\frac{w}{m^2} * \frac{3600}{600} * \frac{1}{1000} = \frac{6}{1000} Kw - h/m^2$$

Es decir el factor de conversión es de 6/1000 para convertir W/m² a Kw-hm² en el tiempo de 10 minutos (600 segundos).

- b) Se hizo la medición seis veces en el periodo de una hora.
c) Las mediciones se realizaron entre las 09.00 y las 16.00 horas.
d) No se tomó en cuenta las mediciones realizadas en el momento de precipitación pluvial.

3.2.2. Valores de medición

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m²

Tabla 7. Valor de medición de radiación solar

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m ²							
Día	Hora	Primera medición.	Segunda medición.	Tercera medición.	Cuarta medición.	Quinta medición.	Sexta medición.
11 de Mayo 2019	09.00-10.00	2.51	2.53	2.59	2.53	2.59	2.74
	10.00-11.00	3.39	6.67	6.74	7.27	6.73	6.67
	11.00-12.00	6.85	6.80	6.73	6.73	6.80	6.83
	12.00-13.00	7.12	7.40	7.27	6.80	5.93	6.94
	13.00-14.00	6.74	6.86	5.99	5.93	5.39	5.92
	14.00-15.00	5.33	5.93	5.93	5.92	5.35	5.47
	15.00-16.00	5.41	5.89	5.27	5.47	4.72	5.41

Fuente: Mediciones Realizadas

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m²

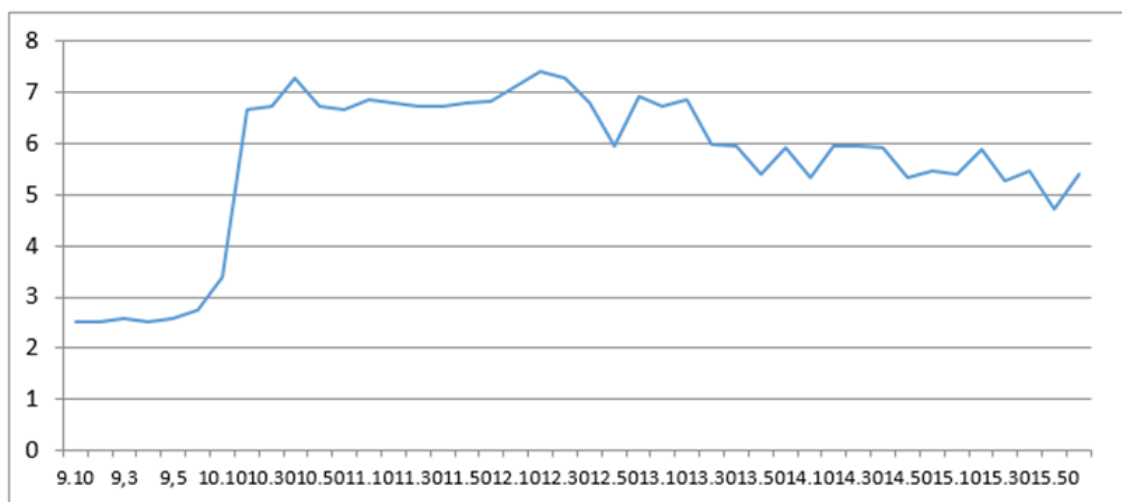


Figura 16. Valor de medición de energía de radiación

Durante la medición del día 11 de Mayo del 2019, el mayor valor ocurrió a las 12.10 horas con un valor de 7.4 KW-H/m2, y el menor valor de radiación ocurrió a las 9.10 horas con un valor de 2.51 KW-H/m2.

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

Tabla 8. Valor de medición radiación solar

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2							
Día	Hora	Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Quinta Medición	Sexta Medición
12 de Mayo 2019	09.00-10.00	2.58	2.60	2.67	2.60	2.69	2.82
	10.00-11.00	3.49	6.87	6.94	7.49	6.93	6.87
	11.00-12.00	7.06	6.80	6.93	6.93	7.01	6.94
	12.00-13.00	7.33	7.63	7.49	6.92	6.11	7.14
	13.00-14.00	6.94	7.06	6.17	6.11	5.79	6.10
	14.00-15.00	5.49	6.11	6.61	6.10	5.51	5.64
	15.00-16.00	5.57	6.62	5.43	5.63	5.27	5.53

Fuente: Mediciones Realizada.

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2.

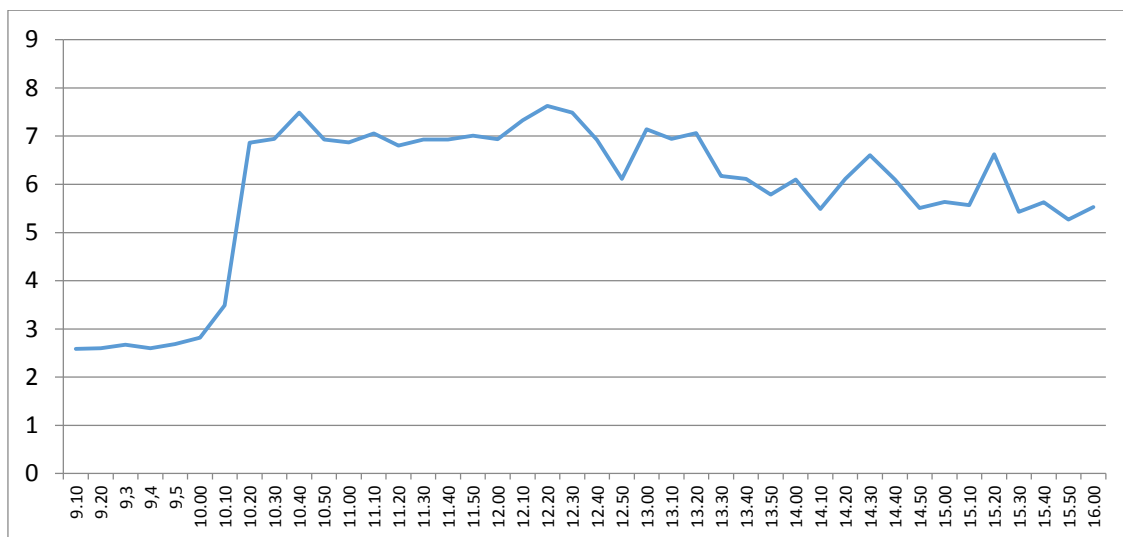


Figura 17. Valor de medición de energía de radiación

Durante la medición del día 12 de Mayo del 2019, el mayor valor ocurrió a las 12.10 horas con un valor de 7.63 KW-H/m2, y el menor valor de radiación ocurrió a las 9.10 horas con un valor de 2.58 KW-H/m2.

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

Tabla 9. Valor de medición de radiación solar

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2							
Día	Hora	Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Quinta Medición	Sexta Medición
13 de Mayo 2019	09.00-10.00	2.55	2.60	2.65	2.73	2.72	2.86
	10.00-11.00	3.51	7.13	7.17	7.20	6.83	6.89
	11.00-12.00	6.85	7.13	7.17	6.92	7.18	7.15
	12.00-13.00	7.17	7.20	6.91	7.01	5.83	7.03
	13.00-14.00	6.80	6.83	5.91	5.88	5.28	5.77
	14.00-15.00	5.32	5.29	5.32	5.31	5.18	5.33
	15.00-16.00	5.44	5.36	5.37	5.19	3.89	5.13

Fuente: Mediciones Realizadas

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2.

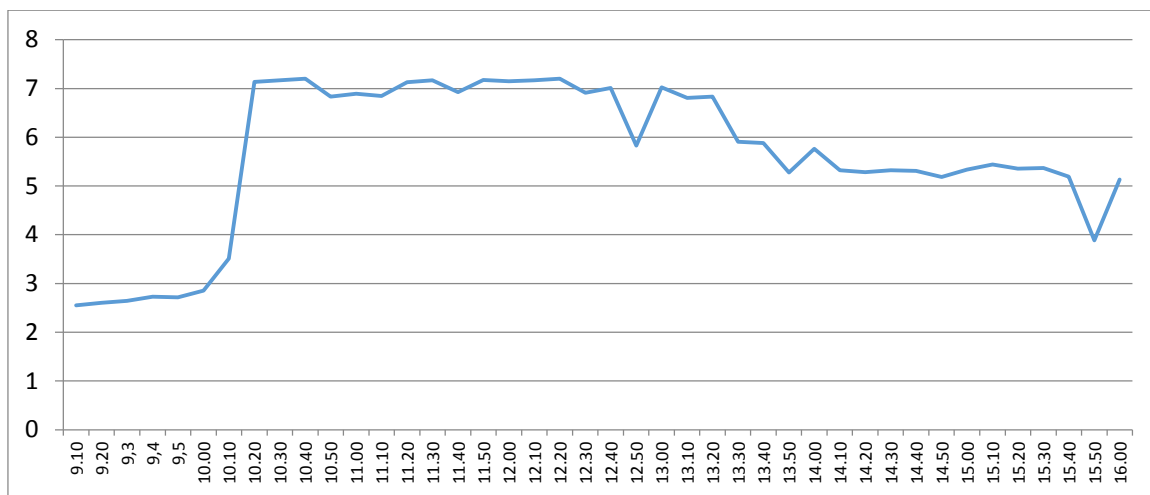


Figura 18. Valor de medición de energía de radiación

Durante la medición del día 13 de Mayo del 2019, el mayor valor ocurrió a las 12.10 horas con un valor de 7.20 KW-H/m2, y el menor valor de radiación ocurrió a las 9.10 horas con un valor de 2.55 KW-H/m2.

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

Tabla 10. Valor de medición de radiación solar

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2							
Día	Hora	Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Quinta Medición	Sexta Medición
14 de Mayo 2019	09.00-10.00	1.87	1.93	1.97	2.00	2.32	2.39
	10.00-11.00	2.57	2.62	2.75	3.77	3.91	4.07
	11.00-12.00	4.97	5.63	6.68	6.74	6.77	6.82
	12.00-13.00	6.88	6.90	6.99	7.06	7.12	7.15
	13.00-14.00	7.19	5.60	5.56	5.56	4.97	4.90
	14.00-15.00	4.80	4.73	4.64	4.60	4.56	4.05
	15.00-16.00	4.17	4.11	4.04	3.93	3.87	3.75

Fuente: Mediciones Realizadas

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2.

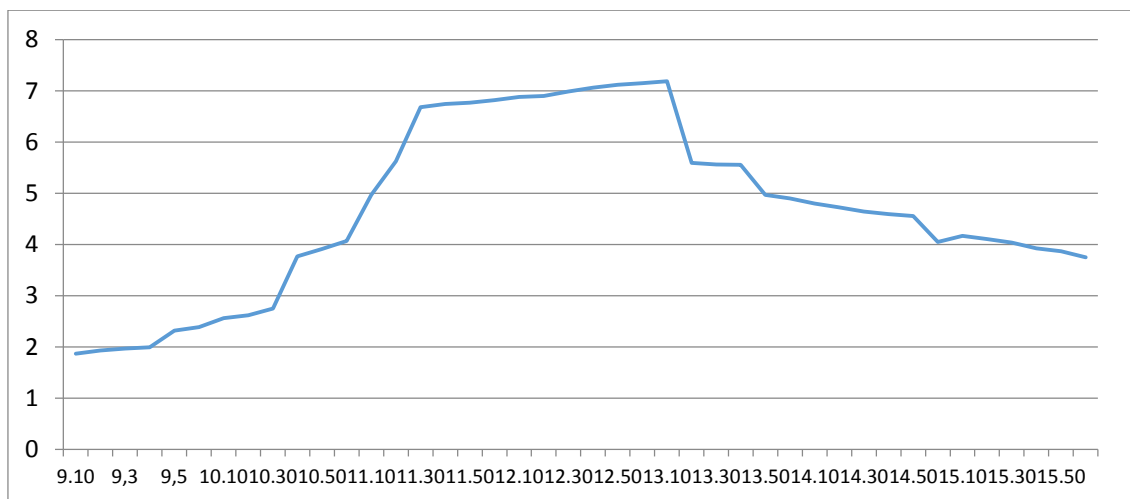


Figura 19. Valor de medición de energía de radiación

Durante la medición del día 14 de Mayo del 2019, el mayor valor ocurrió a las 13.00 horas con un valor de 7.19 KW-H/m2, y el menor valor de radiación ocurrió a las 9.10 horas con un valor de 1.87 KW-H/m2.

Tabla Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

Tabla 11. Valor de medición de radiación solar

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2							
Día	Hora	Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Quinta Medición	Sexta Medición
15 de Mayo 2019	09.00-10.00	2.89	7.09	5.63	6.79	6.97	6.93
	10.00-11.00	6.72	7.09	7.01	7.38	5.46	7.07
	11.00-12.00	5.40	4.57	7.29	5.97	5.87	5.57
	12.00-13.00	5.74	5.81	5.74	5.78	5.69	5.67
	13.00-14.00	5.66	5.69	5.68	5.71	5.71	5.69
	14.00-15.00	5.64	5.61	5.61	5.08	5.34	5.43
	15.00-16.00	5.45	5.38	5.18	5.11	5.09	4.74

Fuente: Mediciones Realizadas

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

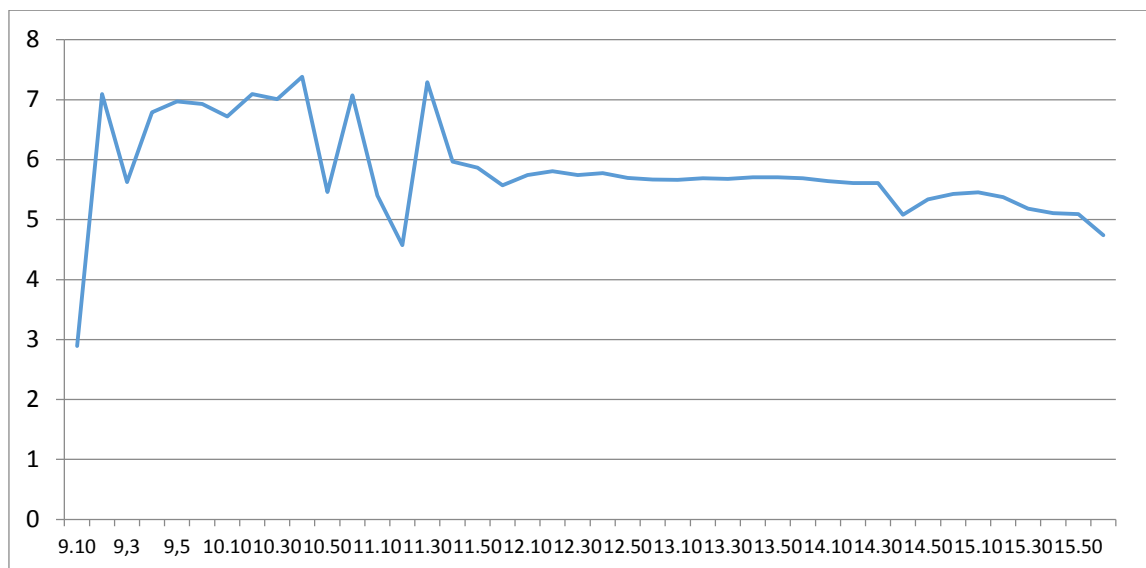


Figura 20. Valor de medición de energía de radiación solar

Durante la medición del día 15 de Mayo del 2019, el mayor valor ocurrió a las 11.30 horas con un valor de 7.29 KW-H/m2, y el menor valor de radiación ocurrió a las 9.10 horas con un valor de 2.89 KW-H/m2.

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

Tabla 12. Valor de medición de radiación solar

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2							
Día	Hora	Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Quinta Medición	Sexta Medición
16 de Mayo 2019	09.00-10.00	2.86	7.19	5.60	6.74	6.74	6.79
	10.00-11.00	6.72	7.09	7.01	7.38	5.46	6.80
	11.00-12.00	5.60	6.74	7.47	6.70	5.99	6.01
	12.00-13.00	5.92	5.83	5.92	5.93	5.92	5.60
	13.00-14.00	5.86	5.67	5.53	5.60	5.54	5.99
	14.00-15.00	5.80	5.59	5.92	5.26	5.20	5.92
	15.00-16.00	5.44	5.39	5.26	5.19	5.20	5.26

Fuente: Mediciones Realizadas

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

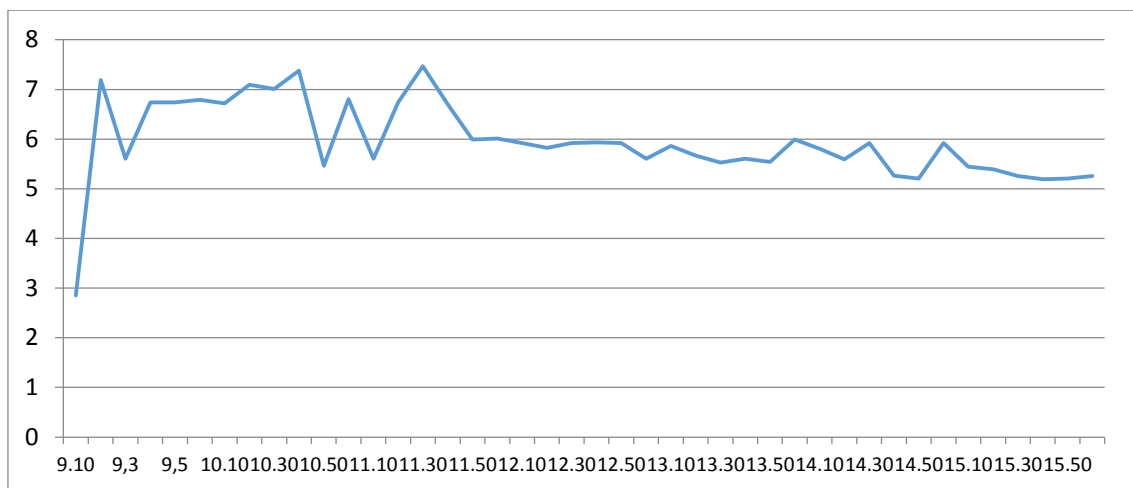


Figura 21. Valor de medición de energía de radiación

Durante la medición del día 15 de Mayo del 2019, el mayor valor ocurrió a las 11.30 horas con un valor de 7.29 KW-H/m2, y el menor valor de radiación ocurrió a las 9.10 horas con un valor de 2.89 KW-H/m2.

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2

Tabla 13. Valor de medición de radiación solar

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2							
Día	Hora	Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Quinta Medición	Sexta Medición
17 de Mayo 2019	09.00-10.00	2.81	7.15	5.59	6.70	6.74	6.74
	10.00-11.00	6.68	7.05	6.97	6.80	5.43	6.76
	11.00-12.00	5.57	6.70	7.43	6.66	5.96	5.98
	12.00-13.00	6.01	5.79	5.89	5.90	5.93	5.57
	13.00-14.00	5.83	5.64	5.54	5.57	5.50	5.96
	14.00-15.00	5.77	5.56	5.89	5.23	5.39	5.90
	15.00-16.00	5.47	5.41	5.22	5.16	5.17	5.41

Fuente: Mediciones Realizadas

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2.

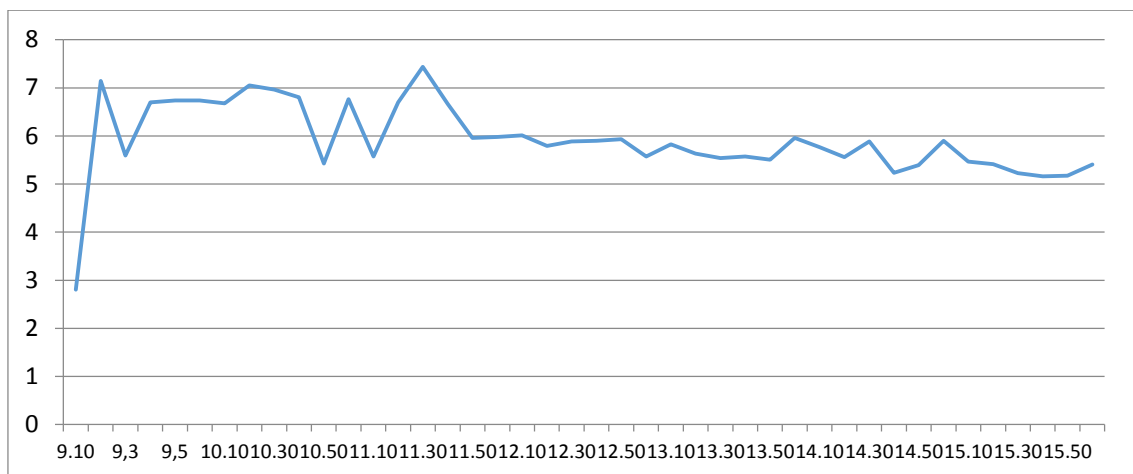


Figura 22. Valor de medición de energía de radiación

Durante la medición del día 15 de Mayo del 2019, el mayor valor ocurrió a las 11.30 horas con un valor de 7.43 KW-H/m2, y el menor valor de radiación ocurrió a las 9.10 horas con un valor de 2.81 KW-H/m2.

3.2.3. Análisis de medición de radiación solar

Para el análisis de la probabilidad de cuando ocurren los valores de radiación solar, realizamos el análisis a través del método de weibull, este determina los valores de radiación que capta los paneles fotovoltaicos.

El procedimiento será

1. En ordenar valores promedios obtenidos por cada 10 minutos.
2. En ordenar en forma ascendente todos los valores promedios.
3. Con la ecuación $Rango = ((Mx-0.3)/(N+0.4))$, determinamos la mediana de la lista de observaciones, Mx es la medida del valor de radiación en la posición “x” y N es el número de observaciones.
4. La función weibull, expresado en función exponencial, se resuelve linializando los ejes cartesianos mediante el logaritmo de la función para “X” y “Y” que constituyen finalmente puntos que enmarcan en una ecuación de recta.
5. En el eje “Y” queda la expresión $\ln (\ln (1/(1-Mediana Rank)))$, y el eje “X” lo valores de las mediciones de radiación.

Tabla 14. Mediciones realizadas

N°	Radiación Solar KW- H/m2	N°	Radiación Solar KW- H/m2	N°	Radiación Solar KW- H/m2	N°	Radiación Solar KW- H/m2	N°	Radiación Solar KW- H/m2	N°	Radiación Solar KW-H/m2	N°	Radiación Solar KW- H/m2
1	1.87	43	4.11	85	5.37	127	5.60	169	5.92	211	6.74	253	6.99
2	1.93	44	4.17	86	5.38	128	5.61	170	5.92	212	6.74	254	7.01
3	1.97	45	4.56	87	5.39	129	5.61	171	5.92	213	6.74	255	7.01
4	2.00	46	4.57	88	5.39	130	5.63	172	5.92	214	6.74	256	7.01
5	2.32	47	4.60	89	5.39	131	5.63	173	5.93	215	6.74	257	7.01
6	2.39	48	4.64	90	5.40	132	5.63	174	5.93	216	6.74	258	7.03
7	2.51	49	4.72	91	5.41	133	5.64	175	5.93	217	6.76	259	7.05
8	2.53	50	4.73	92	5.41	134	5.64	176	5.93	218	6.77	260	7.06
9	2.53	51	4.74	93	5.41	135	5.64	177	5.93	219	6.79	261	7.06
10	2.55	52	4.80	94	5.41	136	5.66	178	5.93	220	6.79	262	7.06
11	2.57	53	4.90	95	5.43	137	5.67	179	5.96	221	6.80	263	7.07
12	2.58	54	4.97	96	5.43	138	5.67	180	5.96	222	6.80	264	7.09
13	2.59	55	4.97	97	5.43	139	5.68	181	5.97	223	6.80	265	7.09
14	2.59	56	5.08	98	5.44	140	5.69	182	5.98	224	6.80	266	7.09
15	2.60	57	5.09	99	5.44	141	5.69	183	5.99	225	6.80	267	7.12
16	2.60	58	5.11	100	5.45	142	5.69	184	5.99	226	6.80	268	7.12
17	2.60	59	5.13	101	5.46	143	5.71	185	5.99	227	6.80	269	7.13
18	2.62	60	5.16	102	5.46	144	5.71	186	6.01	228	6.82	270	7.13
19	2.65	61	5.17	103	5.47	145	5.74	187	6.01	229	6.83	271	7.14
20	2.67	62	5.18	104	5.47	146	5.74	188	6.10	230	6.83	272	7.15
21	2.69	63	5.18	105	5.47	147	5.77	189	6.10	231	6.83	273	7.15
22	2.72	64	5.19	106	5.49	148	5.77	190	6.11	232	6.85	274	7.15

23	2.73	65	5.19	107	5.50	149	5.78	191	6.11	233	6.85	275	7.17
24	2.74	66	5.20	108	5.51	150	5.79	192	6.11	234	6.86	276	7.17
25	2.75	67	5.20	109	5.53	151	5.79	193	6.17	235	6.87	277	7.17
26	2.81	68	5.22	110	5.53	152	5.80	194	6.61	236	6.87	278	7.18
27	2.82	69	5.23	111	5.54	153	5.81	195	6.62	237	6.88	279	7.19
28	2.86	70	5.26	112	5.54	154	5.83	196	6.66	238	6.89	280	7.19
29	2.86	71	5.26	113	5.56	155	5.83	197	6.67	239	6.90	281	7.20
30	2.89	72	5.26	114	5.56	156	5.83	198	6.67	240	6.91	282	7.20
31	3.39	73	5.27	115	5.56	157	5.86	199	6.68	241	6.92	283	7.27
32	3.49	74	5.27	116	5.57	158	5.87	200	6.68	242	6.92	284	7.27
33	3.51	75	5.28	117	5.57	159	5.88	201	6.70	243	6.93	285	7.29
34	3.75	76	5.29	118	5.57	160	5.89	202	6.70	244	6.93	286	7.33
35	3.77	77	5.31	119	5.57	161	5.89	203	6.70	245	6.93	287	7.38
36	3.87	78	5.32	120	5.57	162	5.89	204	6.72	246	6.93	288	7.38
37	3.89	79	5.32	121	5.59	163	5.90	205	6.72	247	6.94	289	7.40
38	3.91	80	5.33	122	5.59	164	5.90	206	6.73	248	6.94	290	7.43
39	3.93	81	5.33	123	5.60	165	5.91	207	6.73	249	6.94	291	7.47
40	4.04	82	5.34	124	5.60	166	5.92	208	6.73	250	6.94	292	7.49
41	4.05	83	5.35	125	5.60	167	5.92	209	6.74	251	6.97	293	7.49
42	4.07	84	5.36	126	5.60	168	5.92	210	6.74	252	6.97	294	7.63

Fuente: elaboración Propia

Tabla 15. Análisis de medición de radiación

Radiación Solar KW- H/m2	Ranking	Mediana((Mx- 0.3)/(N+0.4))	1/(1- Mediana)	Y =ln(ln(1/(1- Mediana)))	X= ln(Radiacion solar)
1.87	1	0.002	1.00	-6.04	0.63
1.93	2	0.006	1.01	-5.15	0.66
1.97	3	0.009	1.01	-4.69	0.68
2.00	4	0.013	1.01	-4.37	0.69
2.32	5	0.016	1.02	-4.13	0.84
2.39	6	0.019	1.02	-3.93	0.87
2.51	7	0.023	1.02	-3.77	0.92
2.53	8	0.026	1.03	-3.63	0.93
2.53	9	0.030	1.03	-3.51	0.93
2.55	10	0.033	1.03	-3.40	0.94
2.57	11	0.036	1.04	-3.30	0.94
2.58	12	0.040	1.04	-3.21	0.95
2.59	13	0.043	1.05	-3.12	0.95
2.59	14	0.047	1.05	-3.04	0.95
2.60	15	0.050	1.05	-2.97	0.96
2.60	16	0.053	1.06	-2.90	0.96
2.60	17	0.057	1.06	-2.84	0.96
2.62	18	0.060	1.06	-2.78	0.96
2.65	19	0.064	1.07	-2.72	0.97
2.67	20	0.067	1.07	-2.67	0.98
2.69	21	0.070	1.08	-2.62	0.99
2.72	22	0.074	1.08	-2.57	1.00
2.73	23	0.077	1.08	-2.52	1.00
2.74	24	0.081	1.09	-2.48	1.01
2.75	25	0.084	1.09	-2.43	1.01
2.81	26	0.087	1.10	-2.39	1.03
2.82	27	0.091	1.10	-2.35	1.04
2.86	28	0.094	1.10	-2.31	1.05
2.86	29	0.097	1.11	-2.28	1.05
2.89	30	0.101	1.11	-2.24	1.06
3.39	31	0.104	1.12	-2.21	1.22
3.49	32	0.108	1.12	-2.17	1.25
3.51	33	0.111	1.12	-2.14	1.26
3.75	34	0.114	1.13	-2.11	1.32
3.77	35	0.118	1.13	-2.08	1.33
3.87	36	0.121	1.14	-2.05	1.35
3.89	37	0.125	1.14	-2.02	1.36
3.91	38	0.128	1.15	-1.99	1.36
3.93	39	0.131	1.15	-1.96	1.37

4.04	40	0.135	1.16	-1.93	1.40
4.05	41	0.138	1.16	-1.91	1.40
4.07	42	0.142	1.17	-1.88	1.40
4.11	43	0.145	1.17	-1.85	1.41
4.17	44	0.148	1.17	-1.83	1.43
4.56	45	0.152	1.18	-1.80	1.52
4.57	46	0.155	1.18	-1.78	1.52
4.60	47	0.159	1.19	-1.76	1.53
4.64	48	0.162	1.19	-1.73	1.54
4.72	49	0.165	1.20	-1.71	1.55
4.73	50	0.169	1.20	-1.69	1.55
4.74	51	0.172	1.21	-1.67	1.56
4.80	52	0.176	1.21	-1.64	1.57
4.90	53	0.179	1.22	-1.62	1.59
4.97	54	0.182	1.22	-1.60	1.60
4.97	55	0.186	1.23	-1.58	1.60
5.08	56	0.189	1.23	-1.56	1.63
5.09	57	0.193	1.24	-1.54	1.63
5.11	58	0.196	1.24	-1.52	1.63
5.13	59	0.199	1.25	-1.50	1.64
5.16	60	0.203	1.25	-1.48	1.64
5.17	61	0.206	1.26	-1.47	1.64
5.18	62	0.210	1.27	-1.45	1.65
5.18	63	0.213	1.27	-1.43	1.65
5.19	64	0.216	1.28	-1.41	1.65
5.19	65	0.220	1.28	-1.39	1.65
5.20	66	0.223	1.29	-1.38	1.65
5.20	67	0.227	1.29	-1.36	1.65
5.22	68	0.230	1.30	-1.34	1.65
5.23	69	0.233	1.30	-1.33	1.65
5.26	70	0.237	1.31	-1.31	1.66
5.26	71	0.240	1.32	-1.29	1.66
5.26	72	0.244	1.32	-1.28	1.66
5.27	73	0.247	1.33	-1.26	1.66
5.27	74	0.250	1.33	-1.24	1.66
5.28	75	0.254	1.34	-1.23	1.66
5.29	76	0.257	1.35	-1.21	1.67
5.31	77	0.261	1.35	-1.20	1.67
5.32	78	0.264	1.36	-1.18	1.67
5.32	79	0.267	1.36	-1.17	1.67
5.33	80	0.271	1.37	-1.15	1.67
5.33	81	0.274	1.38	-1.14	1.67
5.34	82	0.278	1.38	-1.12	1.68
5.35	83	0.281	1.39	-1.11	1.68
5.36	84	0.284	1.40	-1.10	1.68

5.37	85	0.288	1.40	-1.08	1.68
5.38	86	0.291	1.41	-1.07	1.68
5.39	87	0.294	1.42	-1.05	1.69
5.39	88	0.298	1.42	-1.04	1.69
5.39	89	0.301	1.43	-1.03	1.69
5.40	90	0.305	1.44	-1.01	1.69
5.41	91	0.308	1.45	-1.00	1.69
5.41	92	0.311	1.45	-0.99	1.69
5.41	93	0.315	1.46	-0.97	1.69
5.41	94	0.318	1.47	-0.96	1.69
5.43	95	0.322	1.47	-0.95	1.69
5.43	96	0.325	1.48	-0.93	1.69
5.43	97	0.328	1.49	-0.92	1.69
5.44	98	0.332	1.50	-0.91	1.69
5.44	99	0.335	1.50	-0.90	1.69
5.45	100	0.339	1.51	-0.88	1.70
5.46	101	0.342	1.52	-0.87	1.70
5.46	102	0.345	1.53	-0.86	1.70
5.47	103	0.349	1.54	-0.85	1.70
5.47	104	0.352	1.54	-0.83	1.70
5.47	105	0.356	1.55	-0.82	1.70
5.49	106	0.359	1.56	-0.81	1.70
5.50	107	0.362	1.57	-0.80	1.71
5.51	108	0.366	1.58	-0.79	1.71
5.53	109	0.369	1.59	-0.77	1.71
5.53	110	0.373	1.59	-0.76	1.71
5.54	111	0.376	1.60	-0.75	1.71
5.54	112	0.379	1.61	-0.74	1.71
5.56	113	0.383	1.62	-0.73	1.71
5.56	114	0.386	1.63	-0.72	1.72
5.56	115	0.390	1.64	-0.71	1.72
5.57	116	0.393	1.65	-0.69	1.72
5.57	117	0.396	1.66	-0.68	1.72
5.57	118	0.400	1.67	-0.67	1.72
5.57	119	0.403	1.68	-0.66	1.72
5.57	120	0.407	1.69	-0.65	1.72
5.59	121	0.410	1.69	-0.64	1.72
5.59	122	0.413	1.70	-0.63	1.72
5.60	123	0.417	1.71	-0.62	1.72
5.60	124	0.420	1.72	-0.61	1.72
5.60	125	0.424	1.73	-0.60	1.72
5.60	126	0.427	1.75	-0.59	1.72
5.60	127	0.430	1.76	-0.57	1.72
5.61	128	0.434	1.77	-0.56	1.72
5.61	129	0.437	1.78	-0.55	1.72

5.63	130	0.441	1.79	-0.54	1.73
5.63	131	0.444	1.80	-0.53	1.73
5.63	132	0.447	1.81	-0.52	1.73
5.64	133	0.451	1.82	-0.51	1.73
5.64	134	0.454	1.83	-0.50	1.73
5.64	135	0.458	1.84	-0.49	1.73
5.66	136	0.461	1.86	-0.48	1.73
5.67	137	0.464	1.87	-0.47	1.74
5.67	138	0.468	1.88	-0.46	1.74
5.68	139	0.471	1.89	-0.45	1.74
5.69	140	0.475	1.90	-0.44	1.74
5.69	141	0.478	1.92	-0.43	1.74
5.69	142	0.481	1.93	-0.42	1.74
5.71	143	0.485	1.94	-0.41	1.74
5.71	144	0.488	1.95	-0.40	1.74
5.74	145	0.492	1.97	-0.39	1.75
5.74	146	0.495	1.98	-0.38	1.75
5.77	147	0.498	1.99	-0.37	1.75
5.77	148	0.502	2.01	-0.36	1.75
5.78	149	0.505	2.02	-0.35	1.75
5.79	150	0.508	2.03	-0.34	1.76
5.79	151	0.512	2.05	-0.33	1.76
5.80	152	0.515	2.06	-0.32	1.76
5.81	153	0.519	2.08	-0.31	1.76
5.83	154	0.522	2.09	-0.30	1.76
5.83	155	0.525	2.11	-0.29	1.76
5.83	156	0.529	2.12	-0.28	1.76
5.86	157	0.532	2.14	-0.27	1.77
5.87	158	0.536	2.15	-0.27	1.77
5.88	159	0.539	2.17	-0.26	1.77
5.89	160	0.542	2.19	-0.25	1.77
5.89	161	0.546	2.20	-0.24	1.77
5.89	162	0.549	2.22	-0.23	1.77
5.90	163	0.553	2.24	-0.22	1.77
5.90	164	0.556	2.25	-0.21	1.77
5.91	165	0.559	2.27	-0.20	1.78
5.92	166	0.563	2.29	-0.19	1.78
5.92	167	0.566	2.31	-0.18	1.78
5.92	168	0.570	2.32	-0.17	1.78
5.92	169	0.573	2.34	-0.16	1.78
5.92	170	0.576	2.36	-0.15	1.78
5.92	171	0.580	2.38	-0.14	1.78
5.92	172	0.583	2.40	-0.13	1.78
5.93	173	0.587	2.42	-0.12	1.78
5.93	174	0.590	2.44	-0.11	1.78

5.93	175	0.593	2.46	-0.11	1.78
5.93	176	0.597	2.48	-0.10	1.78
5.93	177	0.600	2.50	-0.09	1.78
5.93	178	0.604	2.52	-0.08	1.78
5.96	179	0.607	2.54	-0.07	1.78
5.96	180	0.610	2.57	-0.06	1.78
5.97	181	0.614	2.59	-0.05	1.79
5.98	182	0.617	2.61	-0.04	1.79
5.99	183	0.621	2.64	-0.03	1.79
5.99	184	0.624	2.66	-0.02	1.79
5.99	185	0.627	2.68	-0.01	1.79
6.01	186	0.631	2.71	0.00	1.79
6.01	187	0.634	2.73	0.01	1.79
6.10	188	0.638	2.76	0.01	1.81
6.10	189	0.641	2.79	0.02	1.81
6.11	190	0.644	2.81	0.03	1.81
6.11	191	0.648	2.84	0.04	1.81
6.11	192	0.651	2.87	0.05	1.81
6.17	193	0.655	2.89	0.06	1.82
6.61	194	0.658	2.92	0.07	1.89
6.62	195	0.661	2.95	0.08	1.89
6.66	196	0.665	2.98	0.09	1.90
6.67	197	0.668	3.01	0.10	1.90
6.67	198	0.672	3.04	0.11	1.90
6.68	199	0.675	3.08	0.12	1.90
6.68	200	0.678	3.11	0.13	1.90
6.70	201	0.682	3.14	0.14	1.90
6.70	202	0.685	3.18	0.14	1.90
6.70	203	0.689	3.21	0.15	1.90
6.72	204	0.692	3.25	0.16	1.91
6.72	205	0.695	3.28	0.17	1.91
6.73	206	0.699	3.32	0.18	1.91
6.73	207	0.702	3.36	0.19	1.91
6.73	208	0.706	3.40	0.20	1.91
6.74	209	0.709	3.44	0.21	1.91
6.74	210	0.712	3.48	0.22	1.91
6.74	211	0.716	3.52	0.23	1.91
6.74	212	0.719	3.56	0.24	1.91
6.74	213	0.722	3.60	0.25	1.91
6.74	214	0.726	3.65	0.26	1.91
6.74	215	0.729	3.69	0.27	1.91
6.74	216	0.733	3.74	0.28	1.91
6.76	217	0.736	3.79	0.29	1.91
6.77	218	0.739	3.84	0.30	1.91
6.79	219	0.743	3.89	0.31	1.92

6.79	220	0.746	3.94	0.32	1.92
6.80	221	0.750	3.99	0.33	1.92
6.80	222	0.753	4.05	0.34	1.92
6.80	223	0.756	4.11	0.35	1.92
6.80	224	0.760	4.16	0.36	1.92
6.80	225	0.763	4.22	0.37	1.92
6.80	226	0.767	4.29	0.38	1.92
6.80	227	0.770	4.35	0.39	1.92
6.82	228	0.773	4.41	0.40	1.92
6.83	229	0.777	4.48	0.41	1.92
6.83	230	0.780	4.55	0.42	1.92
6.83	231	0.784	4.62	0.43	1.92
6.85	232	0.787	4.70	0.44	1.92
6.85	233	0.790	4.77	0.45	1.92
6.86	234	0.794	4.85	0.46	1.93
6.87	235	0.797	4.93	0.47	1.93
6.87	236	0.801	5.02	0.48	1.93
6.88	237	0.804	5.10	0.49	1.93
6.89	238	0.807	5.19	0.50	1.93
6.90	239	0.811	5.29	0.51	1.93
6.91	240	0.814	5.38	0.52	1.93
6.92	241	0.818	5.48	0.53	1.93
6.92	242	0.821	5.59	0.54	1.93
6.93	243	0.824	5.69	0.55	1.94
6.93	244	0.828	5.81	0.56	1.94
6.93	245	0.831	5.92	0.58	1.94
6.93	246	0.835	6.05	0.59	1.94
6.94	247	0.838	6.17	0.60	1.94
6.94	248	0.841	6.30	0.61	1.94
6.94	249	0.845	6.44	0.62	1.94
6.94	250	0.848	6.59	0.63	1.94
6.97	251	0.852	6.74	0.65	1.94
6.97	252	0.855	6.89	0.66	1.94
6.99	253	0.858	7.06	0.67	1.94
7.01	254	0.862	7.23	0.68	1.95
7.01	255	0.865	7.42	0.69	1.95
7.01	256	0.869	7.61	0.71	1.95
7.01	257	0.872	7.81	0.72	1.95
7.03	258	0.875	8.02	0.73	1.95
7.05	259	0.879	8.25	0.75	1.95
7.06	260	0.882	8.48	0.76	1.95
7.06	261	0.886	8.74	0.77	1.95
7.06	262	0.889	9.00	0.79	1.95
7.07	263	0.892	9.29	0.80	1.96
7.09	264	0.896	9.59	0.82	1.96

7.09	265	0.899	9.91	0.83	1.96
7.09	266	0.903	10.26	0.85	1.96
7.12	267	0.906	10.63	0.86	1.96
7.12	268	0.909	11.03	0.88	1.96
7.13	269	0.913	11.46	0.89	1.96
7.13	270	0.916	11.92	0.91	1.96
7.14	271	0.919	12.42	0.92	1.97
7.15	272	0.923	12.97	0.94	1.97
7.15	273	0.926	13.57	0.96	1.97
7.15	274	0.930	14.22	0.98	1.97
7.17	275	0.933	14.94	0.99	1.97
7.17	276	0.936	15.74	1.01	1.97
7.17	277	0.940	16.63	1.03	1.97
7.18	278	0.943	17.63	1.05	1.97
7.19	279	0.947	18.75	1.08	1.97
7.19	280	0.950	20.03	1.10	1.97
7.20	281	0.953	21.49	1.12	1.97
7.20	282	0.957	23.18	1.15	1.97
7.27	283	0.960	25.16	1.17	1.98
7.27	284	0.964	27.51	1.20	1.98
7.29	285	0.967	30.35	1.23	1.99
7.33	286	0.970	33.84	1.26	1.99
7.38	287	0.974	38.23	1.29	2.00
7.38	288	0.977	43.94	1.33	2.00
7.40	289	0.981	51.65	1.37	2.00
7.43	290	0.984	62.64	1.42	2.01
7.47	291	0.987	79.57	1.48	2.01
7.49	292	0.991	109.04	1.55	2.01
7.49	293	0.994	173.18	1.64	2.01
7.63	294	0.998	420.57	1.80	2.03

Fuente: Autoría Propia.

3.2.4. Distribución de weibull

Para la determinación del potencial de radiación, establecemos los parámetros de la distribución weibull, correspondiente al parámetro de escala C (se expresa en Kw-h/m2), que determina el nivel de radiación en la zona del proyecto, y el parámetro de forma “K” nos indica la dispersión del grado de las mediciones realizadas, podemos establecer con estos datos la frecuencia de ocurrencia de los valores de radiación solar, y determinamos con esta ecuación.

$$p(r) = \frac{k}{c} \left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Para la determinación de parámetros de la ecuación de weibull, utilizaremos el ajuste de mínimos, que corresponda a la ecuación de weibull.

$$p_i(r \leq r_i) = 1 - e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Logramos utilizando el método de regresión lineal relacionando las variables.

$$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]$$

$$X_i = \text{Ln}(r)$$

$$a = -k\text{Ln}(c)$$

$$b = k$$

Con los valores se determina la ecuación de recta.

$$Y = aX + b$$

Los mínimos cuadrados, es el método que consiste en la aproximación de dichos valores de la ecuación de la recta, luego seguimos el procedimiento siguiente.

Multiplicaremos los valores X.Y, el valor de “X” al cuadrado, a continuación sumatoria de los valores de “X”, de valores de “Y” y de valores “X”. “Y” y la suma de los cuadrados de “X”.

Tabla 16. Cálculo de parámetros de weibull

Radiación Solar KW-H/m2	Ranking	Y=ln(ln(1/(1-Mediana)))	X=ln(radiación solar)	X.Y	X2
1.87	1	-6.04	0.63	-3.79	0.39
1.93	2	-5.15	0.66	-3.39	0.43
1.97	3	-4.69	0.68	-3.19	0.46
2.00	4	-4.37	0.69	-3.02	0.48
2.32	5	-4.13	0.84	-3.48	0.71
2.39	6	-3.93	0.87	-3.42	0.76
2.51	7	-3.77	0.92	-3.47	0.85
2.53	8	-3.63	0.93	-3.36	0.86
2.53	9	-3.51	0.93	-3.25	0.86
2.55	10	-3.40	0.94	-3.18	0.88
2.57	11	-3.30	0.94	-3.11	0.89

2.58	12	-3.21	0.95	-3.04	0.90
2.59	13	-3.12	0.95	-2.97	0.91
2.59	14	-3.04	0.95	-2.90	0.91
2.60	15	-2.97	0.96	-2.84	0.91
2.60	16	-2.90	0.96	-2.78	0.91
2.60	17	-2.84	0.96	-2.72	0.92
2.62	18	-2.78	0.96	-2.68	0.93
2.65	19	-2.72	0.97	-2.65	0.95
2.67	20	-2.67	0.98	-2.62	0.96
2.69	21	-2.62	0.99	-2.59	0.98
2.72	22	-2.57	1.00	-2.57	1.00
2.73	23	-2.52	1.00	-2.53	1.01
2.74	24	-2.48	1.01	-2.49	1.01
2.75	25	-2.43	1.01	-2.47	1.03
2.81	26	-2.39	1.03	-2.47	1.07
2.82	27	-2.35	1.04	-2.44	1.07
2.86	28	-2.31	1.05	-2.43	1.10
2.86	29	-2.28	1.05	-2.39	1.10
2.89	30	-2.24	1.06	-2.38	1.13
3.39	31	-2.21	1.22	-2.69	1.49
3.49	32	-2.17	1.25	-2.72	1.56
3.51	33	-2.14	1.26	-2.69	1.58
3.75	34	-2.11	1.32	-2.79	1.75
3.77	35	-2.08	1.33	-2.75	1.76
3.87	36	-2.05	1.35	-2.77	1.83
3.89	37	-2.02	1.36	-2.74	1.84
3.91	38	-1.99	1.36	-2.71	1.86
3.93	39	-1.96	1.37	-2.68	1.87
4.04	40	-1.93	1.40	-2.70	1.95
4.05	41	-1.91	1.40	-2.66	1.96
4.07	42	-1.88	1.40	-2.64	1.97
4.11	43	-1.85	1.41	-2.62	2.00
4.17	44	-1.83	1.43	-2.61	2.04
4.56	45	-1.80	1.52	-2.74	2.30
4.57	46	-1.78	1.52	-2.71	2.31
4.60	47	-1.76	1.53	-2.68	2.33
4.64	48	-1.73	1.54	-2.66	2.36
4.72	49	-1.71	1.55	-2.65	2.41
4.73	50	-1.69	1.55	-2.62	2.41
4.74	51	-1.67	1.56	-2.59	2.42
4.80	52	-1.64	1.57	-2.58	2.46

4.90	53	-1.62	1.59	-2.58	2.53
4.97	54	-1.60	1.60	-2.57	2.57
4.97	55	-1.58	1.60	-2.54	2.57
5.08	56	-1.56	1.63	-2.54	2.64
5.09	57	-1.54	1.63	-2.51	2.65
5.11	58	-1.52	1.63	-2.48	2.66
5.13	59	-1.50	1.64	-2.46	2.67
5.16	60	-1.48	1.64	-2.44	2.69
5.17	61	-1.47	1.64	-2.41	2.70
5.18	62	-1.45	1.65	-2.38	2.71
5.18	63	-1.43	1.65	-2.35	2.71
5.19	64	-1.41	1.65	-2.32	2.71
5.19	65	-1.39	1.65	-2.29	2.71
5.20	66	-1.38	1.65	-2.27	2.72
5.20	67	-1.36	1.65	-2.24	2.72
5.22	68	-1.34	1.65	-2.22	2.73
5.23	69	-1.33	1.65	-2.19	2.74
5.26	70	-1.31	1.66	-2.17	2.75
5.26	71	-1.29	1.66	-2.14	2.75
5.26	72	-1.28	1.66	-2.12	2.76
5.27	73	-1.26	1.66	-2.09	2.76
5.27	74	-1.24	1.66	-2.07	2.76
5.28	75	-1.23	1.66	-2.04	2.77
5.29	76	-1.21	1.67	-2.02	2.77
5.31	77	-1.20	1.67	-2.00	2.79
5.32	78	-1.18	1.67	-1.98	2.80
5.32	79	-1.17	1.67	-1.95	2.80
5.33	80	-1.15	1.67	-1.93	2.80
5.33	81	-1.14	1.67	-1.91	2.80
5.34	82	-1.12	1.68	-1.88	2.81
5.35	83	-1.11	1.68	-1.86	2.81
5.36	84	-1.10	1.68	-1.84	2.82
5.37	85	-1.08	1.68	-1.82	2.83
5.38	86	-1.07	1.68	-1.79	2.83
5.39	87	-1.05	1.69	-1.77	2.84
5.39	88	-1.04	1.69	-1.75	2.84
5.39	89	-1.03	1.69	-1.73	2.84
5.40	90	-1.01	1.69	-1.71	2.84
5.41	91	-1.00	1.69	-1.69	2.85
5.41	92	-0.99	1.69	-1.66	2.85
5.41	93	-0.97	1.69	-1.64	2.85

5.41	94	-0.96	1.69	-1.62	2.85
5.43	95	-0.95	1.69	-1.60	2.86
5.43	96	-0.93	1.69	-1.58	2.86
5.43	97	-0.92	1.69	-1.56	2.86
5.44	98	-0.91	1.69	-1.54	2.87
5.44	99	-0.90	1.69	-1.52	2.87
5.45	100	-0.88	1.70	-1.50	2.88
5.46	101	-0.87	1.70	-1.48	2.88
5.46	102	-0.86	1.70	-1.46	2.88
5.47	103	-0.85	1.70	-1.44	2.89
5.47	104	-0.83	1.70	-1.42	2.89
5.47	105	-0.82	1.70	-1.40	2.89
5.49	106	-0.81	1.70	-1.38	2.90
5.50	107	-0.80	1.71	-1.36	2.91
5.51	108	-0.79	1.71	-1.34	2.91
5.53	109	-0.77	1.71	-1.32	2.92
5.53	110	-0.76	1.71	-1.30	2.92
5.54	111	-0.75	1.71	-1.29	2.93
5.54	112	-0.74	1.71	-1.27	2.93
5.56	113	-0.73	1.71	-1.25	2.94
5.56	114	-0.72	1.72	-1.23	2.94
5.56	115	-0.71	1.72	-1.21	2.94
5.57	116	-0.69	1.72	-1.19	2.95
5.57	117	-0.68	1.72	-1.17	2.95
5.57	118	-0.67	1.72	-1.15	2.95
5.57	119	-0.66	1.72	-1.14	2.95
5.57	120	-0.65	1.72	-1.12	2.95
5.59	121	-0.64	1.72	-1.10	2.96
5.59	122	-0.63	1.72	-1.08	2.96
5.60	123	-0.62	1.72	-1.06	2.97
5.60	124	-0.61	1.72	-1.05	2.97
5.60	125	-0.60	1.72	-1.03	2.97
5.60	126	-0.59	1.72	-1.01	2.97
5.60	127	-0.57	1.72	-0.99	2.97
5.61	128	-0.56	1.72	-0.97	2.97
5.61	129	-0.55	1.72	-0.96	2.97
5.63	130	-0.54	1.73	-0.94	2.99
5.63	131	-0.53	1.73	-0.92	2.99
5.63	132	-0.52	1.73	-0.90	2.99
5.64	133	-0.51	1.73	-0.89	2.99
5.64	134	-0.50	1.73	-0.87	2.99

5.64	135	-0.49	1.73	-0.85	2.99
5.66	136	-0.48	1.73	-0.83	3.01
5.67	137	-0.47	1.74	-0.82	3.01
5.67	138	-0.46	1.74	-0.80	3.01
5.68	139	-0.45	1.74	-0.78	3.02
5.69	140	-0.44	1.74	-0.77	3.02
5.69	141	-0.43	1.74	-0.75	3.02
5.69	142	-0.42	1.74	-0.73	3.03
5.71	143	-0.41	1.74	-0.72	3.03
5.71	144	-0.40	1.74	-0.70	3.03
5.74	145	-0.39	1.75	-0.68	3.05
5.74	146	-0.38	1.75	-0.67	3.05
5.77	147	-0.37	1.75	-0.65	3.07
5.77	148	-0.36	1.75	-0.63	3.07
5.78	149	-0.35	1.75	-0.62	3.08
5.79	150	-0.34	1.76	-0.60	3.08
5.79	151	-0.33	1.76	-0.58	3.08
5.80	152	-0.32	1.76	-0.57	3.09
5.81	153	-0.31	1.76	-0.55	3.09
5.83	154	-0.30	1.76	-0.53	3.11
5.83	155	-0.29	1.76	-0.52	3.11
5.83	156	-0.28	1.76	-0.50	3.11
5.86	157	-0.27	1.77	-0.49	3.13
5.87	158	-0.27	1.77	-0.47	3.13
5.88	159	-0.26	1.77	-0.45	3.14
5.89	160	-0.25	1.77	-0.44	3.14
5.89	161	-0.24	1.77	-0.42	3.14
5.89	162	-0.23	1.77	-0.40	3.15
5.90	163	-0.22	1.77	-0.39	3.15
5.90	164	-0.21	1.77	-0.37	3.15
5.91	165	-0.20	1.78	-0.35	3.16
5.92	166	-0.19	1.78	-0.34	3.16
5.92	167	-0.18	1.78	-0.32	3.16
5.92	168	-0.17	1.78	-0.30	3.16
5.92	169	-0.16	1.78	-0.29	3.16
5.92	170	-0.15	1.78	-0.27	3.16
5.92	171	-0.14	1.78	-0.25	3.16
5.92	172	-0.13	1.78	-0.24	3.16
5.93	173	-0.12	1.78	-0.22	3.17
5.93	174	-0.11	1.78	-0.20	3.17
5.93	175	-0.11	1.78	-0.19	3.17

5.93	176	-0.10	1.78	-0.17	3.17
5.93	177	-0.09	1.78	-0.15	3.17
5.93	178	-0.08	1.78	-0.14	3.17
5.96	179	-0.07	1.78	-0.12	3.19
5.96	180	-0.06	1.78	-0.11	3.19
5.97	181	-0.05	1.79	-0.09	3.19
5.98	182	-0.04	1.79	-0.07	3.20
5.99	183	-0.03	1.79	-0.06	3.21
5.99	184	-0.02	1.79	-0.04	3.21
5.99	185	-0.01	1.79	-0.02	3.21
6.01	186	0.00	1.79	-0.01	3.22
6.01	187	0.01	1.79	0.01	3.22
6.10	188	0.01	1.81	0.03	3.27
6.10	189	0.02	1.81	0.04	3.27
6.11	190	0.03	1.81	0.06	3.28
6.11	191	0.04	1.81	0.08	3.28
6.11	192	0.05	1.81	0.09	3.28
6.17	193	0.06	1.82	0.11	3.31
6.61	194	0.07	1.89	0.13	3.56
6.62	195	0.08	1.89	0.15	3.57
6.66	196	0.09	1.90	0.17	3.60
6.67	197	0.10	1.90	0.19	3.60
6.67	198	0.11	1.90	0.20	3.60
6.68	199	0.12	1.90	0.22	3.61
6.68	200	0.13	1.90	0.24	3.61
6.70	201	0.14	1.90	0.26	3.62
6.70	202	0.14	1.90	0.27	3.62
6.70	203	0.15	1.90	0.29	3.62
6.72	204	0.16	1.91	0.31	3.63
6.72	205	0.17	1.91	0.33	3.63
6.73	206	0.18	1.91	0.35	3.63
6.73	207	0.19	1.91	0.36	3.63
6.73	208	0.20	1.91	0.38	3.63
6.74	209	0.21	1.91	0.40	3.64
6.74	210	0.22	1.91	0.42	3.64
6.74	211	0.23	1.91	0.44	3.64
6.74	212	0.24	1.91	0.46	3.64
6.74	213	0.25	1.91	0.47	3.64
6.74	214	0.26	1.91	0.49	3.64
6.74	215	0.27	1.91	0.51	3.64
6.74	216	0.28	1.91	0.53	3.64

6.76	217	0.29	1.91	0.55	3.65
6.77	218	0.30	1.91	0.57	3.66
6.79	219	0.31	1.92	0.59	3.67
6.79	220	0.32	1.92	0.61	3.67
6.80	221	0.33	1.92	0.62	3.68
6.80	222	0.34	1.92	0.64	3.68
6.80	223	0.35	1.92	0.66	3.68
6.80	224	0.36	1.92	0.68	3.68
6.80	225	0.37	1.92	0.70	3.68
6.80	226	0.38	1.92	0.72	3.68
6.80	227	0.39	1.92	0.74	3.68
6.82	228	0.40	1.92	0.76	3.69
6.83	229	0.41	1.92	0.78	3.69
6.83	230	0.42	1.92	0.80	3.69
6.83	231	0.43	1.92	0.82	3.69
6.85	232	0.44	1.92	0.84	3.70
6.85	233	0.45	1.92	0.86	3.70
6.86	234	0.46	1.93	0.88	3.71
6.87	235	0.47	1.93	0.90	3.71
6.87	236	0.48	1.93	0.92	3.72
6.88	237	0.49	1.93	0.94	3.72
6.89	238	0.50	1.93	0.96	3.73
6.90	239	0.51	1.93	0.98	3.73
6.91	240	0.52	1.93	1.01	3.74
6.92	241	0.53	1.93	1.03	3.74
6.92	242	0.54	1.93	1.05	3.74
6.93	243	0.55	1.94	1.07	3.75
6.93	244	0.56	1.94	1.09	3.75
6.93	245	0.58	1.94	1.11	3.75
6.93	246	0.59	1.94	1.14	3.75
6.94	247	0.60	1.94	1.16	3.75
6.94	248	0.61	1.94	1.18	3.75
6.94	249	0.62	1.94	1.21	3.75
6.94	250	0.63	1.94	1.23	3.75
6.97	251	0.65	1.94	1.25	3.77
6.97	252	0.66	1.94	1.28	3.77
6.99	253	0.67	1.94	1.30	3.78
7.01	254	0.68	1.95	1.33	3.79
7.01	255	0.69	1.95	1.35	3.79
7.01	256	0.71	1.95	1.38	3.79
7.01	257	0.72	1.95	1.40	3.79

7.03	258	0.73	1.95	1.43	3.80
7.05	259	0.75	1.95	1.46	3.81
7.06	260	0.76	1.95	1.49	3.82
7.06	261	0.77	1.95	1.51	3.82
7.06	262	0.79	1.95	1.54	3.82
7.07	263	0.80	1.96	1.57	3.83
7.09	264	0.82	1.96	1.60	3.84
7.09	265	0.83	1.96	1.63	3.84
7.09	266	0.85	1.96	1.66	3.84
7.12	267	0.86	1.96	1.69	3.85
7.12	268	0.88	1.96	1.72	3.85
7.13	269	0.89	1.96	1.75	3.86
7.13	270	0.91	1.96	1.78	3.86
7.14	271	0.92	1.97	1.82	3.87
7.15	272	0.94	1.97	1.85	3.87
7.15	273	0.96	1.97	1.88	3.87
7.15	274	0.98	1.97	1.92	3.87
7.17	275	0.99	1.97	1.96	3.88
7.17	276	1.01	1.97	2.00	3.88
7.17	277	1.03	1.97	2.04	3.88
7.18	278	1.05	1.97	2.08	3.88
7.19	279	1.08	1.97	2.12	3.89
7.19	280	1.10	1.97	2.17	3.89
7.20	281	1.12	1.97	2.21	3.90
7.20	282	1.15	1.97	2.26	3.90
7.27	283	1.17	1.98	2.32	3.94
7.27	284	1.20	1.98	2.38	3.94
7.29	285	1.23	1.99	2.44	3.95
7.33	286	1.26	1.99	2.51	3.97
7.38	287	1.29	2.00	2.58	4.00
7.38	288	1.33	2.00	2.66	4.00
7.40	289	1.37	2.00	2.75	4.01
7.43	290	1.42	2.01	2.85	4.02
7.47	291	1.48	2.01	2.97	4.04
7.49	292	1.55	2.01	3.11	4.05
7.49	293	1.64	2.01	3.30	4.05
7.63	294	1.80	2.03	3.65	4.13
Suma		-168.58	497.73	-179.08	869.19

Fuente: propia

a) Determinamos valores de “a” y “b” con las siguientes expresiones.

$$a = \frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

$$b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \cdot \sum(x \cdot y)}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

Reemplazando datos se tiene.

$$a = 4.006$$

$$b = -7.35 = k$$

La ecuación de recta es.

$$Y = 4.006 \quad X - 7.35$$

De la expresión $a = -k \ln(c)$ y $b=k$

Tenemos:

$$c = e^{\frac{-7.35}{-4.006}}$$

$$c = 6.26$$

“c” es el factor de escala, nos indica el nivel de radiación promedio en la zona estudiada.

“k” es el factor de forma nos indica el índice de dispersión de datos y la frecuencia que se presenta la radiación.

La distribución de weibull nos permite el cálculo probabilístico de niveles de radiación inferiores o superiores a la radiación solar determinada.

Tabla 17. Factor de forma y escala de weibull

Factor de forma k	Factor de escala c (KW-H/m2)
7.35	6.26

Fuente: Autoría Propia.

La probabilidad de ocurrencia de los niveles de radiación utilizamos la ecuación de distribución de weibull.

$$F(v) = \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores tenemos.

Tabla 18. Probabilidad de weibull

Radiación Solar KW-H/m2	Probabilidad	2.62	0.05	3.87	0.13
1.87	0.02	2.65	0.05	3.89	0.13
1.93	0.02	2.67	0.05	3.91	0.13
1.97	0.02	2.69	0.05	3.93	0.14
2.00	0.02	2.72	0.05	4.04	0.14
2.32	0.03	2.73	0.05	4.05	0.15
2.39	0.03	2.74	0.05	4.07	0.15
2.51	0.04	2.75	0.05	4.11	0.15
2.53	0.04	2.81	0.06	4.17	0.16
2.53	0.04	2.82	0.06	4.56	0.19
2.55	0.04	2.86	0.06	4.57	0.19
2.57	0.04	2.86	0.06	4.60	0.19
2.58	0.04	2.89	0.06	4.64	0.19
2.59	0.04	2.90	0.06	4.72	0.20
2.59	0.04	3.39	0.09	4.73	0.20
2.60	0.04	3.49	0.10	4.74	0.20
2.60	0.04	3.51	0.10	4.80	0.20
		3.75	0.12	4.90	0.21
		3.77	0.12	4.97	0.22

5.08	0.22
5.09	0.22
5.11	0.22
5.13	0.22
5.16	0.23
5.17	0.23
5.18	0.23
5.18	0.23
5.19	0.23
5.19	0.23
5.20	0.23
5.20	0.23
5.22	0.23
5.23	0.23
5.26	0.23
5.26	0.23
5.27	0.23
5.28	0.23
5.29	0.23
5.31	0.23
5.32	0.23
5.33	0.23
5.33	0.23
5.34	0.23
5.35	0.23
5.36	0.23
5.37	0.23
5.38	0.23
5.39	0.24
5.40	0.24
5.41	0.24
5.43	0.24

5.44	0.24
5.45	0.24
5.46	0.24
5.47	0.24
5.49	0.24
5.50	0.24
5.51	0.24
5.53	0.24
5.53	0.24
5.54	0.24
5.56	0.24
5.57	0.24
5.59	0.24
5.60	0.24
5.61	0.24
5.63	0.24
5.64	0.24
5.66	0.24
5.67	0.24
5.68	0.24
5.69	0.24
5.71	0.24
5.74	0.24
5.77	0.24
5.78	0.24
5.79	0.24
5.79	0.24
5.80	0.24
5.81	0.24
5.83	0.24
5.83	0.24
5.86	0.24

5.87	0.24
5.88	0.24
5.89	0.24
5.90	0.24
5.91	0.24
5.92	0.24
5.93	0.24
5.93	0.24
5.96	0.24
5.97	0.24
5.98	0.24
5.99	0.24
6.01	0.24
6.10	0.24
6.10	0.24
6.11	0.24
6.11	0.24
6.17	0.24
6.61	0.22
6.62	0.22
6.66	0.21
6.67	0.21
6.68	0.21
6.70	0.21
6.72	0.21
6.73	0.21
6.74	0.21
6.76	0.21
6.77	0.21
6.79	0.20
6.80	0.20
6.80	0.20

6.82	0.20
6.83	0.20
6.85	0.20
6.86	0.20
6.87	0.20
6.88	0.20
6.89	0.20
6.90	0.20
6.91	0.19
6.92	0.19
6.93	0.19
6.94	0.19
6.97	0.19
6.99	0.19
7.01	0.19

7.03	0.18
7.05	0.18
7.06	0.18
7.07	0.18
7.09	0.18
7.09	0.18
7.12	0.18
7.13	0.18
7.13	0.18
7.14	0.17
7.15	0.17
7.17	0.17
7.18	0.17
7.19	0.17

7.20	0.17
7.20	0.17
7.27	0.16
7.29	0.16
7.33	0.16
7.38	0.15
7.38	0.15
7.40	0.15
7.43	0.15
7.47	0.14
7.49	0.14
7.63	0.13

Fuente: Propia

Probabilidad de Radiación Solar

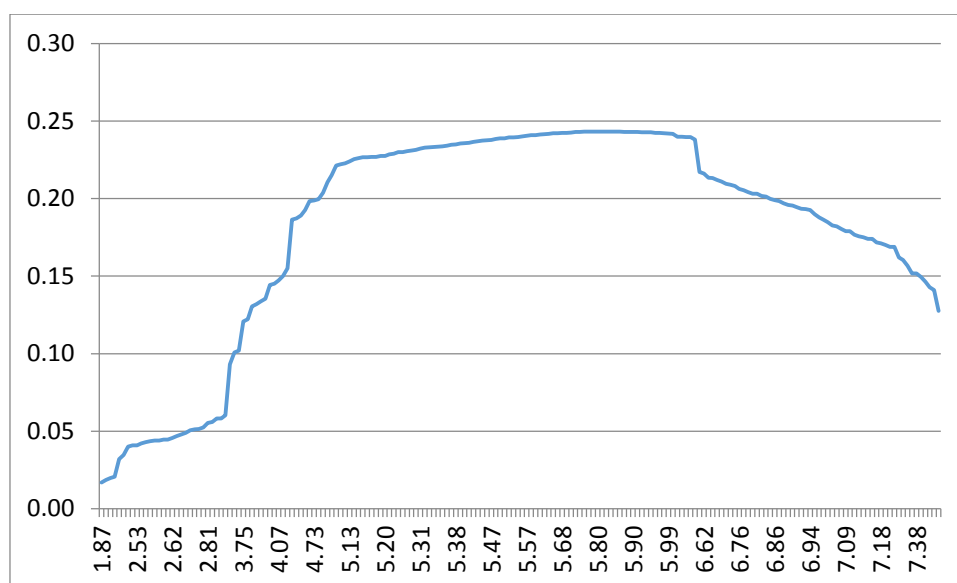


Figura 23. Probabilidad de radiación solar

Probabilidad de radiación solar

El valor de mayor probabilidad de ocurrencia de radiación solar de 6.26 kw-h/m2 es del 24%, es el valor que se utiliza al momento de dimensionar el sistema fotovoltaico.

3.3. Dimensionar los elementos electromecánicos del sistema fotovoltaico, de acuerdo a la máxima demanda del caserío de la ciruela-Cutervo-Cajamarca

3.3.1. Generalidades

En el caserío de la Ciruela, las viviendas están ubicadas a los lados de la carretera. El sistema de generación fotovoltaica estará ubicado en el centro del caserío, frente al Parque Principal, a fin de tener una distribución de 4 circuitos hacia las viviendas y un circuito adicional para las cargas especiales.

En el Plano de distribución, se observa que cada circuito transporta la energía hacia cada vivienda:

Circuito 1: Suministra energía desde la vivienda 1 hasta la vivienda 5

Circuito 2: Suministra energía desde la vivienda 6 hasta la vivienda 10

Circuito 3: Suministra energía desde la vivienda 11 hasta la vivienda 16

Circuito 4: Suministra energía desde la vivienda 17 hasta la vivienda 22

Circuito 5: Cargas especiales.

Diagrama Unifilar

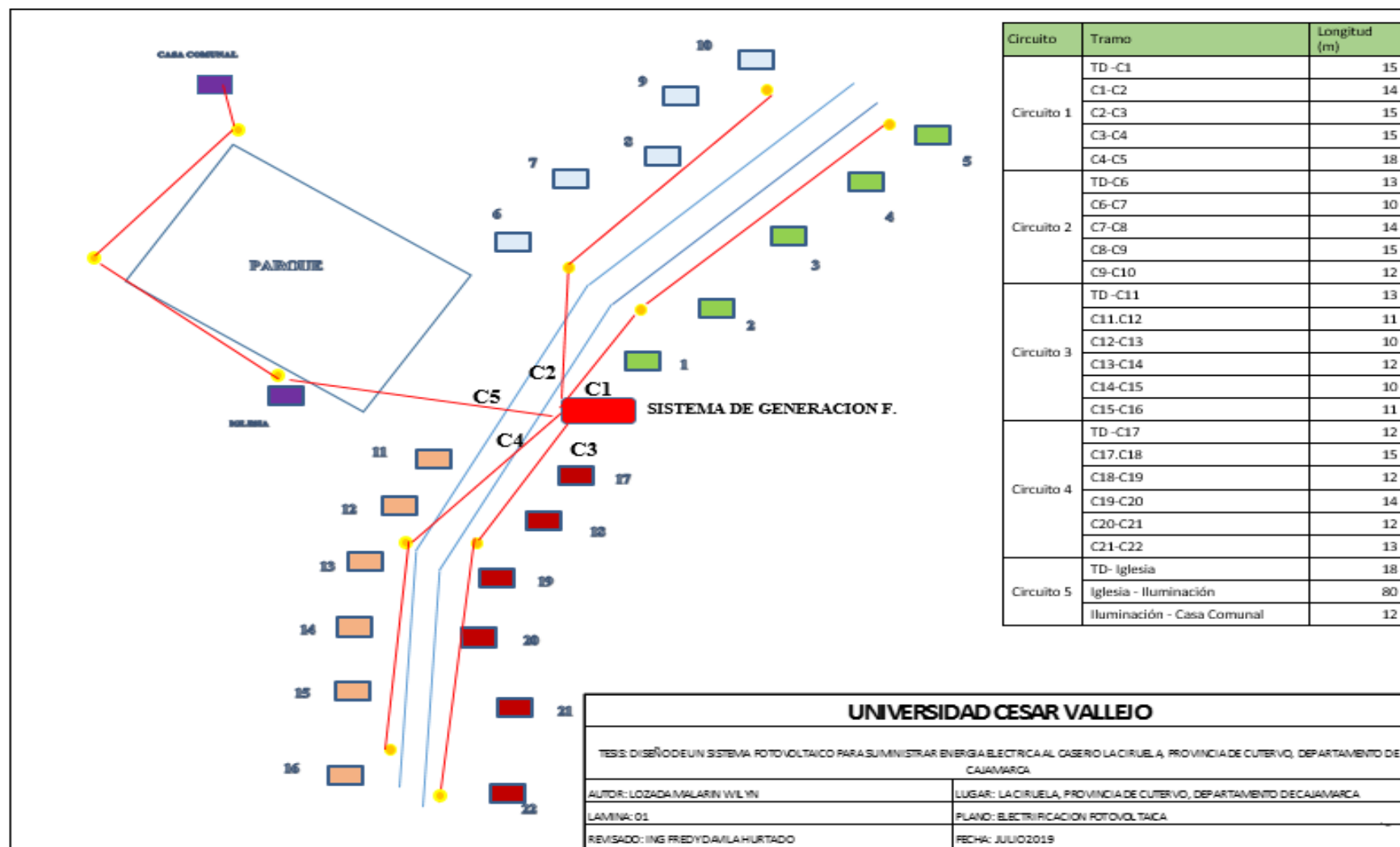


Figura 24. Diagrama unifilar del sistema de generación fotovoltaico.

3.3.2. Cálculo de conductor

El cálculo del conductor en cada uno de los circuitos, se realiza mediante el criterio de la capacidad de corriente y de la caída de tensión.

Por Capacidad de Corriente.

La intensidad de corriente eléctrica máxima que circula en cada circuito, se determina con la expresión:

$$I = \frac{P}{V * \cos\theta}$$

Dónde:

I: Intensidad de corriente (amperios).

V: tensión de alimentación (voltios).

$\cos\theta$: 0.9

Reemplazando valores se tiene:

$$I = \frac{6 * 202.25}{220 * 0.9} = 6.12 \text{ Amperios}$$

De la tabla de especificaciones, un conductor que tiene capacidad de carga superior a 6.12 Amperios, son los conductores con área mayor a 0.82 mm². Se selecciona un conductor de sección 2.08 mm² (AWG 14)

Tabla 19: Selección de Calibre del Conductor

AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO: 60° 75° 90°C								
SECCION	SECCION	GRUPO A TEMPERATURA DE SERVICIO			GRUPO B TEMPERATURA DE SERVICIO			DESNUDO
Nominal (mm) ²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0,32	22	3	3					
0,51	20	5	5					
0,82	18	7,5	7,5					
1,31	16	10	10					
2,08	14	15	15	25	20	20	30	
3,31	12	20	20	30	25	25	40	
5,26	10	30	30	40	40	40	55	
8,36	8	40	45	50	55	65	70	90
13,30	6	55	65	70	80	95	100	130
21,15	4	70	85	90	105	125	135	150

Fuente: Elaboración propia

a) Por Caída de tensión.

Para determinar la caída de tensión en cada uno de los tramos de cada circuito, se determina en función a la carga que fluye por cada tramo, desde el tablero de distribución hasta la última carga del circuito.

La caída de tensión de cada circuito se determina con la expresión:

$$\Delta V_{ij} = \frac{2 * \rho * P_i * L_i}{V_i * \cos \theta}$$

Dónde:

ΔV_{ij} : Caída de tensión en el tramo ij

P_{ij} : Flujo de Potencia en el tramo ij

L_{ij} : Longitud del tramo ij

V_i : Tensión en el punto i.

ρ : Resistividad del conductor (0.01786 Ohmios-mm²/m)

Caída de tensión C1

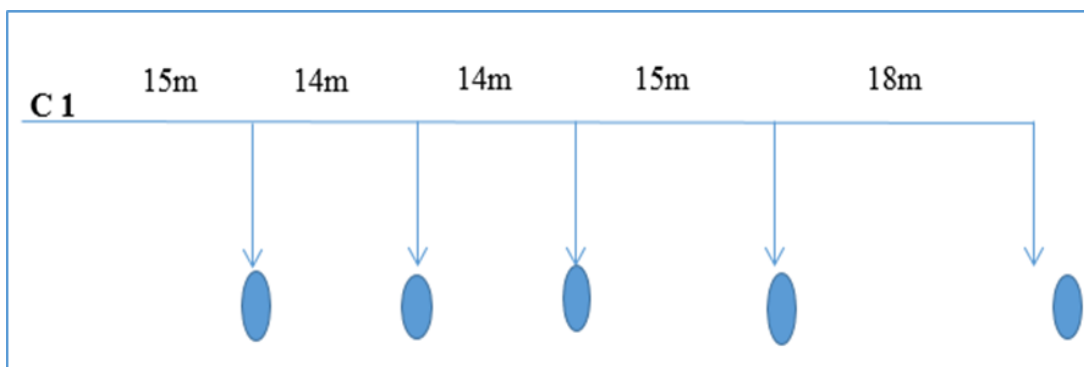


Figura 25. Caída de tención circuito 1

$$\Delta V$$

$$= \frac{2 * 0.01786 * (202.25 + 202.25 + 202.25 + 202.25 + 202.25) * 15}{2.08 * 220 * 0.9}$$

$$\Delta V = 1.32 \text{ V}$$

Caída de tensión C1-C2

$$\Delta V = \frac{2 * 0.01786 * (202.25 + 202.25 + 202.25 + 202.25) * 14}{2.08 * (220 - 1.32) * 0.9}$$

$$\Delta V = 0.99 \text{ V}$$

De manera análoga se determina la caída de tensión en todos los circuitos, utilizando Microsoft Excel, se realiza el cálculo de la caída de tensión de todos los circuitos.

Tabla 20. *Caída de tensión en cada circuito de la red*

Circuito	Tramo	Longitud	Resistividad	Sección (mm2)	Flujo de carga (Watt)	Factor de potencia	Caída de tensión (V)	Tensión inicio de tramo (V)	Tensión en la carga (V)	Caída de Tensión Máxima %
Circuito 1	TD -C1	15	0.01786	2.08	1011.25	0.9	1.32	220	218.68	1.80
	C1-C2	14	0.01786	2.08	809.00	0.9	0.99	218.68	217.70	
	C2-C3	15	0.01786	2.08	606.75	0.9	0.80	217.70	216.90	
	C3-C4	15	0.01786	2.08	404.50	0.9	0.53	216.90	216.36	
	C4-C5	18	0.01786	2.08	202.25	0.9	0.32	216.36	216.04	
Circuito 2	TD-C6	13	0.01786	2.08	1011.25	0.9	1.14	220	218.86	1.52
	C6-C7	10	0.01786	2.08	809.00	0.9	0.71	218.86	218.15	
	C7-C8	14	0.01786	2.08	606.75	0.9	0.74	218.15	217.41	
	C8-C9	15	0.01786	2.08	404.50	0.9	0.53	217.41	216.88	
	C9-C10	12	0.01786	2.08	202.25	0.9	0.21	216.88	216.67	
Circuito 3	TD -C11	13	0.01786	2.08	1213.50	0.9	1.37	220	218.63	1.84
	C11.C12	11	0.01786	2.08	1011.25	0.9	0.97	218.63	217.66	
	C12-C13	10	0.01786	2.08	809.00	0.9	0.71	217.66	216.95	
	C13-C14	12	0.01786	2.08	606.75	0.9	0.64	216.95	216.31	
	C14-C15	10	0.01786	2.08	404.50	0.9	0.36	216.31	215.95	
	C15-C16	11	0.01786	2.08	202.25	0.9	0.20	215.95	215.76	
Circuito 4	TD -C17	12	0.01786	2.08	1213.50	0.9	1.26	220.00	218.74	2.10
	C17.C18	15	0.01786	2.08	1011.25	0.9	1.32	218.74	217.41	
	C18-C19	12	0.01786	2.08	809.00	0.9	0.85	217.41	216.56	
	C19-C20	14	0.01786	2.08	606.75	0.9	0.75	216.56	215.81	
	C20-C21	12	0.01786	2.08	404.50	0.9	0.43	215.81	215.38	
	C21-C22	13	0.01786	2.08	202.25	0.9	0.23	215.38	215.15	
Circuito 5	TD- Iglesia	18	0.01786	2.08	176.00	0.9	0.27	220.00	219.73	0.62
	Iglesia - Iluminación	80	0.01786	2.08	158.00	0.9	1.10	219.73	218.63	
	Iluminación - Casa Comunal	12	0.01786	2.08	36.00	0.9	0.04	218.63	218.59	

Fuente: Autoría Propia

3.3.3. Cálculo de la pérdida de potencia activa

En el conductor eléctrico se disipa energía en forma de calor, debido al efecto Joule, el cual se determina en función a:

- a) Resistividad del conductor.
- b) Longitud del conductor.
- c) Sección del conductor.
- d) Intensidad de Corriente eléctrica en el conductor.

Por lo tanto, para la determinación de la cantidad de energía activa, que se pierde en el conductor, se determina a partir de los flujos de potencia de cada tramo del circuito, y está en función al diagrama unifilar.

$$Pc = \frac{\Delta V^2}{\rho * L/S}$$

Pc: Pérdida potencia activa. (Watt)

ΔV : Caída de tensión, Voltios

L: longitud de conductor.

S: sección de conductor mm².

ρ : Resistividad eléctrica.

Tabla 21. *Pérdida de potencia activa en conductores*

Circuito	Tramo	Longitud	Resistividad	Sección (mm2)	Flujo de carga (Watt)	Caída de tensión (V)	Pérdida Potencia activa (Watt)
Circuito 1	TD -C1	15	0.01786	2.08	1011.25	1.32	13.53
	C1-C2	14	0.01786	2.08	809	0.99	8.15
	C2-C3	15	0.01786	2.08	606.75	0.8	4.97
	C3-C4	15	0.01786	2.08	404.5	0.53	2.18
	C4-C5	18	0.01786	2.08	202.25	0.32	0.66
Circuito 2	TD-C6	13	0.01786	2.08	1011.25	1.14	11.64
	C6-C7	10	0.01786	2.08	809	0.71	5.87
	C7-C8	14	0.01786	2.08	606.75	0.74	4.56
	C8-C9	15	0.01786	2.08	404.5	0.53	2.18
	C9-C10	12	0.01786	2.08	202.25	0.21	0.43
Circuito 3	TD -C11	13	0.01786	2.08	1213.5	1.37	16.81
	C11.C12	11	0.01786	2.08	1011.25	0.97	9.96
	C12-C13	10	0.01786	2.08	809	0.71	5.87
	C13-C14	12	0.01786	2.08	606.75	0.64	3.98
	C14-C15	10	0.01786	2.08	404.5	0.36	1.51
	C15-C16	11	0.01786	2.08	202.25	0.2	0.42
Circuito 4	TD -C17	12	0.01786	2.08	1213.5	1.26	15.41
	C17.C18	15	0.01786	2.08	1011.25	1.32	13.53
	C18-C19	12	0.01786	2.08	809	0.85	7.01
	C19-C20	14	0.01786	2.08	606.75	0.75	4.68
	C20-C21	12	0.01786	2.08	404.5	0.43	1.79
	C21-C22	13	0.01786	2.08	202.25	0.23	0.47
Circuito 5	TD- Iglesia	18	0.01786	2.08	176	0.27	0.47
	Iglesia - Iluminación	80	0.01786	2.08	158	1.1	1.76
	Iluminación - Casa Comunal	12	0.01786	2.08	36	0.04	0.02
	Total (Watt)						137.87

Fuente: Autoría Propia.

La cantidad de Potencia activa que se pierde en los conductores eléctricos es de 137.87 Watt.

En el ítem 3.1. Se determinó que la máxima demanda del caserío es de 4162.55 Watt. Y de acuerdo a lo determinado en el flujo de carga, en toda la electrificación del caserío, se tiene una pérdida de potencia activa de 137.87 Watt, por efecto Joule en el conductor, por lo tanto a la máxima demanda se le agrega ésta pérdida. $4162.55 + 137.87 = 4300.42$ Watt

El consumo de energía eléctrica total es de 14918.1 Watt-hora, a lo cual se incrementa las pérdidas de energía en los conductores que alimentan energía hacia las viviendas. Se determina con la expresión:

$$Ep = Pp * H * FC$$

Dónde:

Ep: Energía perdida en conductores, en Watt – Hora.

H: Número de Horas al día. 17

FC: Factor de carga. 21.08%

Pp: Potencia por efecto Joule en conductores.

Reemplazando valores se tiene:

$$Ep = 137.87 * 17 * 0.2108 = 494.07 \text{ Watt} - \text{Hora}$$

Es decir la energía que requiere el caserío La Ciruela, incluyendo las pérdidas de energía activa en el conductor, será: $14918.1 + 494.07 = 15412.1$ Watt – Hora.

Tanto la máxima demanda de 4300.42 Watt y la energía consumida de 15412.1 Watt – Hora, son los valores que se utilizan en el dimensionamiento en la generación fotovoltaica.

Para el dimensionamiento de los equipos electromecánicos que generan la energía eléctrica a partir de la energía solar, se utiliza la información analizada en los ítem 3.1 y 3.2, en cuanto a la demanda de energía eléctrica como a la oferta de energía solar analizada en las medidas de niveles de radiación.

La energía eléctrica que se requiere en el caserío la Ciruela es de 15412.1 Watt hora por día y una máxima demanda de 4300.42Watt.

Esta cantidad de energía es captada por los paneles fotovoltaicos, por lo cual, si se toma en consideración los efectos de las pérdidas de energía en los accesorios del sistema fotovoltaico, como son el inversor que es el que invierte la corriente eléctrica continua generada en el panel fotovoltaico en corriente alterna que es utilizada por los consumidores eléctricos en el interior y exterior de las viviendas del caserío la Ciruela, así mismo las baterías que acumula energía eléctrica para luego ser utilizada de acuerdo a sus necesidades de energía eléctrica de los pobladores del Caserío la Ciruela.

Por lo tanto, se considera que la energía que los paneles fotovoltaicos generan, serán superior a la que se requieren, debido a la eficiencia de estos equipos.

El inversor, es un dispositivo que mediante una configuración de resistencias eléctricas, condensadores, temporizadores, transistores, entre otros, modifica la señal continua en señal alterna sinoidal con frecuencia de 60 Hz, una parte de la energía eléctrica es convertida en energía calorífica, por el efecto Joule, al circular la corriente en materiales a base de cobre y semiconductores. El valor de ésta pérdida no supera el 10%, debido al diseño en el cual, las corrientes en el circuito son amplificadas y moduladas, a fin de evitar el efecto Joule. Por lo cual la eficiencia del inversor es del 90%

Para el caso de la batería, es el elemento que almacena la energía eléctrica, y su funcionalidad, está en función al mantenimiento que tenga, es decir al valor del peso específico del electrolito, el cual tiene un valor de 1,23 Kg/litro, al variar éste valor, su capacidad de almacenamiento en amperios hora, varía. Por lo tanto para valores inferiores de densidad del electrolito de 1.10 Kg/litro, debe de agregarse el agua destilada para mantener el nivel en condiciones normales. La relación de 1,10 kg/litro, frente a los 1.23 Kg litro, equivale a un $1.10/1.23 = 0.894$, es decir se tolera un valor de eficiencia de almacenamiento de 89.4%.

Por lo tanto la energía que el panel fotovoltaico debe generar, a fin de asegurar que se suministre 14918.1 Watt hora por día, se determina por la relación:

$$E_s = \frac{E_t}{n_{inv} * n_{bat}}$$

Dónde:

n_{inv} : Eficiencia del inversor (0.9).

n_{bat} : Eficiencia de batería (0.89).

Et : Energía requerida en el caserío de la Ciruela.

Es: Energía que se genera en el panel fotovoltaico.

$$Es = \frac{15412.1}{0,9 * 0,89}$$

$$Es = 19241.1 \text{ Wh/dia}$$

Energía que necesita el arreglo solar para los requerimientos de energía eléctrica para el caserío de la Ciruela.

Hora Pico Solar (HPS)

Las horas pico solar se determinó como cociente de radiación en la zona, determinado mediante el análisis de Weibull, con un valor de mayor probabilidad de 6.26 KW-H/m2.

Es decir:

$$H.S.P = 6.26 \text{ KW-H/m}^2 / 1 \text{ KW/m}^2 = 6.26 \text{ KW-H/m}^2 / 1 \text{ KW/m}^2.$$

$$H.S.P = 6.26 \text{ horas.}$$

3.3.4. Potencia del generador fotovoltaico

Para determinar la potencia del generador utilizamos la ecuación:

$$P = \frac{19241.1}{6.26 * (1 - Nc)}$$

La hora pico solar para el sistema de generación fotovoltaica es de 6.26 KWh/m2, **Nc** es el factor de pérdidas por conexiones en los equipos. Se considera un valor inferior al 0.05, es decir al 5%, y se da por los desajustes que en muchos casos presenta gran confiabilidad.

$$P = \frac{19241.1}{6.26 * (1 - 0,05)}$$

$$P = 3235.4 \text{ W}$$

Es la potencia del sistema de generación fotovoltaico, es decir la potencia eléctrica instantánea que se genera en los paneles fotovoltaicos, con lo cual se garantiza el accionamiento de las cargas eléctricas del caserío la Ciruela.

3.3.5. Cálculos de módulos fotovoltaicos

Obtenida la potencia del generador, dividimos entre la potencia pico para saber el total de módulos fotovoltaicos.

$$N = \frac{P}{P_p}$$

P: potencia eléctrica instantánea del sistema fotovoltaico.

Pp: Potencia de cada panel, seleccionamos un panel de 300 watt.

$$N = \frac{3235.4 \text{ W}}{300}$$

$$N = 10.78 \text{ Paneles.}$$

Para el sistema fotovoltaico requerimos 11 módulos de 300W, voltaje de 12V.

Panel solar Kyocera de 300W 12V.



Figura 26. Panel fotovoltaico

3.3.6. Dimensionado del regulador de carga

Con la siguiente ecuación, se obtiene la intensidad de corriente del regulador.

Regulador = N° Paneles * I_{sc}.

I_{sc}: es la corriente de cortocircuito, según tabla de especificaciones es de 9.09 Amperios.

(Manual de Fabricante, Marca: Energy Solar)

$$Regulador = 11 * 9,09A$$

$$Regulador = 99.99 A$$

La corriente de carga del regulador se determina con la expresión:

$$I_r = \frac{Pfv}{V}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$I_r = \frac{300}{12} = 25 \text{ Amperios}$, es la corriente máxima que genera el panel y lo entrega hacia la batería.

Se selecciona un regulador de carga de 3.3 KW, tensión 12 Voltios, corriente de cortocircuito de 9.09 Amperios.



Figura 27. Regulador de carga

3.3.7. Selección del inversor de carga

Teniendo en cuenta la potencia del sistema de generación fotovoltaica (3235.4 W), el inversor a seleccionar será de 3.3 KW, tensión de ingreso 12 Voltios Corriente continua, tensión de salida: 220 Voltios corriente alterna.

Los inversores JOMAR suministran de corriente eléctrica a diferentes equipos de oficina, etc. Convierten los 12 voltios de corriente continua a 230V de corriente alterna.



Figura 28. Inversor

Características:

La salida regulada protege equipos delicados.

Tamaño facilita su uso y almacenamiento.

Desconexión automática que protege de descargas totales de baterías.

3.3.8. Cálculo de número de baterías

Cálculo de la capacidad de almacenamiento.

Se determina por la expresión:

$$Cah = \frac{Es}{V}$$

Dónde.

Cah: Capacidad de almacenamiento en amperios – hora.

Es: Energía eléctrica requerida en un día.

V: Nivel de tensión de almacenamiento. 12 Voltios.

Reemplazando valores, se obtiene:

$$Cah = \frac{19241.1 \text{ W h/día por día}}{12 \text{ Voltios}}$$

Se obtiene.

Cah = 1603.43 Amperio – Hora por día.

La determinación del número de baterías está en función a:

- a) Energía a almacenar.
- b) Capacidad de almacenamiento de cada batería en Amperios Hora.
- c) Número de autonomía del sistema. 2 días.
- d) Eficiencia de almacenamiento, por el efecto de carga/descarga de la batería.

$$Nb = \frac{Cah * d}{Cb * e}$$

Dónde:

Nb: Número de Baterías.

Cah: Capacidad de almacenamiento en amperios – hora.

d: Días de autonomía del sistema. 2 días.

Cb: Capacidad de almacenamiento. Se selecciona una batería de 540 A-h.

E: Eficiencia por efecto de carga/descarga. 0.75 para batería seleccionada de alta eficiencia.

Reemplazando valores, se obtiene:

$$Nb = \frac{1603.43 * 2}{540 * 0.75}$$

N = 7.91 *baterías*

Se utilizarán 8 baterías de 12 voltios cada una conectada en paralelo, según ficha técnica del regulador está dentro de los parámetros. Se selecciona 8 baterías de 540A-h cada una, modelo S-540 de 540 Ah, esta cumple con los datos para nuestro cálculo.

Especificaciones.

Casco y tapa de polipropileno resistente a golpes.

Masa: 56Kg.

Longitud: 318x181x425mm.

Autonomía a 100h: 540Ah.

Autonomía a 50h: 500Ah.

Autonomía a 20h: 428Ah.

3.4. Realizar el presupuesto de la inversión del proyecto

Tabla 22. Presupuesto del proyecto

N°	Item	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/	Precio total S/
1	Panel Fotovoltaico 300 Watt Pico, 12 voltios.	Unidad	11	510	5610
2	Regulador de carga 3.3 KW	Unidad	1	420	420
3	Inversor de carga 3.3 KW 12dc/220 CA	Unidad	1	520	520
4	Batería 540 A-h	Unidad	8	240	1920
5	Tablero de distribución 6 Polos 220 Voltios	Unidad	1	220	220
6	Interruptor Termomagnético 30 A	Unidad	5	75	375
7	Conductor eléctrico 2.08 mm ²	Metros	800	1.1	880
8	Postes de madera 8m	Unidad	11	180	1980
9	Material Ferretería	Conjunto	1	450	450
10	Soporte panel solar	Conjunto	1	220	220
10	Mano de Obra	Conjunto	1	2400	2400
	Total				14995

Fuente: Guía de Observación.

El mantenimiento de las instalaciones, tiene un costo de 5% anual de costo de la inversión es decir $0.05 \times 14995 = 749.75$ Soles anuales, el cual consiste en la limpieza de los paneles fotovoltaicos, comprobación del nivel del electrolito de las baterías y ajuste de conexiones eléctricas.

IV. DISCUSIÓN

La electrificación fotovoltaica en el caserío La Ciruela, Distrito de Choros, Departamento de Cajamarca, está contemplado dentro del plan de electrificación rural, impulsado por el Ministerio de Energía y Minas, debido a que la red del sistema interconectado nacional, se encuentra alejado de la zona, aproximadamente a 50 Km, sumado a ello la geografía agreste hasta el punto de alimentación, ha terminado por definir que la electrificación del caserío será por energía fotovoltaica.

Entre el uso de la instalación de una planta de generación fotovoltaica y el uso de módulos fotovoltaicos domiciliarios, se optó por la primera, debido a numerosas experiencias en zonas alto andinas del Perú, en donde sí se instala módulos fotovoltaicos en cada vivienda, las labores de mantenimiento resultan siendo las más complicadas, debido a que los usuarios no tienen conocimiento de realizar mantenimiento de los equipos, como son el panel solar, las baterías, y demás accesorios, que finalmente terminan saliendo de operatividad.

El uso de la energía eléctrica en las zonas rurales del Perú, va a terminar por cubrir la brecha que existe aún en electrificado toda el área rural, con la finalidad de no solo tener acceso a los servicios básicos, sino también a tener labores productivas, que finalmente incrementa el poder adquisitivo del poblador rural, y de esa manera contribuye al crecimiento del país.

La medición de los niveles de radiación, con el protocolo establecido, asegura un valor de radiación con alta probabilidad de ocurrencia lo cual hace que el sistema fotovoltaico sea estable en el tiempo.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de las carga eléctricas en el Caserío La Ciruela, determinándose una máxima demanda de 4300.4 KW, y un consumo diario de energía de 19241.1 KW-H.
- Mediante el análisis de Weibull, se determinó la mayor probabilidad de ocurrencia del nivel de radiación siendo ésta el de 6.26 KW-H/m² con una probabilidad de 23%.
- Se diseñó la red de distribución eléctrica en 4 circuitos para las viviendas y un circuito para la carga especial, teniendo como máximo valor de caída de tensión de 2.10 %.
- Se hizo el dimensionamiento de los paneles solares, los cuales se requieren 11 de 300 Watt, 8 baterías de 540 Amperios Horas, y un regulador e inversor de carga de 3.3 KW.
- El presupuesto de la inversión es de 14995 Soles, con un costo de mantenimiento de las instalaciones, tiene un costo de 5% anual, es decir de 749.75 Soles anuales.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar la evaluación de la energía eólica del lugar, para complementar la generación fotovoltaica con la generación eólica a fin de tener mayor generación de energía.
- Realizar el análisis del potencial del sector industrial de la zona, básicamente en la transformación de los productos agrícolas.
- Realizar el cambio de las baterías cada 1 año, a fin de asegurar la capacidad de almacenamiento de energía eléctrica, con una autonomía de 2 días.

REFERENCIAS

- ENERGIZA. China líder en consumo de energía eléctrica para la Industria. Madrid, España, 2017, 45pp.
- GREEN TECHNOLOGY. Uso de la energía fotovoltaica en el Mundo. Ciudad de México, 2015, 88pp.
- LARA, R. Energía Fotovoltaica en la producción de energía en la China. Bogotá, Colombia, 2015, 45pp.
- ORTEGA, T. Utilización de energías no convencionales Eólico – Solar. México, 2012, 111pp.
- OLADE. Organización Latinoamericana de la Energía, retos para el siglo XXI, Quito, Ecuador, 2015, 32pp.
- ESPINOZA A. Cambio de la matriz energética en Chile. Santiago de Chile, 2017, 33pp.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Plan Nacional de Electrificación Rural al 2030. Lima. Perú, 2016, 66pp.
- OSINERGMIN. Informe Anual del sector eléctrico en el Perú en el año 2016. Lima, Perú, 2017, 62pp.
- COMITÉ DE OPERACIÓN ECONOMICA DEL SISTEMA (COES). Producción de energía eléctrica en el Perú, año 2016, 52pp.
- FLORES D. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE AL CASERÍO TÚPAC AMARU, OLMOS, Lambayeque, Perú, 2017, 112pp.
- PEREZ G. ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, UTILIZANDO AMPOLLETAS DE BAJO CONSUMO Y ALIMENTADO POR PANELES FOTOVOLTAICOS. Chile, 2014, 86pp.
- GUEVARA. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, mediante energía solar fotovoltaica en el centro poblado Ganimedes, distrito de Moyobamba, Región de San Martín. Perú, 2016, 190pp.

ANEXOS

Anexo N°: 1

Guía de OBSERVACIÓN.

Tesis: “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA, CUTERVO-CAJAMARCA.**”

AUTOR: LOZADA MALARIN WILYN

Instrucciones: Realice la observación de las cargas eléctricas y el tiempo de uso de cada una de ellas.

RITMO DE USO DE CARGAS ELÉCTRICAS DEL CASERÍO LA CIRUELA CUTERVO CAJAMARCA											
	Sala Comedor		Dormitorio				Cocina	Almacén de granos	Baño	POTENCIA(w)	CONSUMO(W X h)
HORA	Foco led 18 W	TV 32" 80 W	Foco led 18 W	Foco led 18 W	Radio 20 W	Cargador Cel 2.25 W	Foco led 18 W	Foco led 18 W	Foco led 10 W		
5:00-6:00											
6:00-7:00											
7:00-8:00											
8:00-9:00											
9:00-10:00											
10:00-11:00											
11:00-12:00											
12:00-13:00											
13:00-14:00											
14:00-15:00											
15:00-16:00											
16:00-17:00											
17:00-18:00											
18:00-19:00											
19:00-20:00											
20:00-21:00											
21:00-22:00											
TOTAL DÍA											

Tesis: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA, CUTERVO-CAJAMARCA.”

AUTOR: LOZADA MALARIN WILYN

Instrucciones: Realice las mediciones de los niveles de radiación solar, en las horas indicadas seis veces en el intervalo de 1 hora.

Anexo N°: 2

Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/m2							
Día	Hora	Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Quinta Medición	Sexta Medición
	09.00-10.00						
	10.00-11.00						
	11.00-12.00						
	12.00-13.00						
	13.00-14.00						
	14.00-15.00						
	15.00-16.00						

Anexo N°: 03



Anexo N°: 04



Anexo N°: 05



Anexo N°: 06



Anexo N°: 07



Anexo N°: 08



EverLab
Pruebas & Laboratorio

METROLOGÍA E INGENIERÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLE-0229-2019

N° EXPEDIENTE: 0550-2019
0706-2019

Página: 1 de 2
Fecha: 2019-04-29

1 CLIENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Dirección: CAL. JUAN XXIII NRO. 391 CERCADO LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE

2 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MEDIDOR DE POTENCIA SOLAR
Marca: AMBIENT WEATHER
Modelo: TM 205
Serie: 120901866
Alcance: 2000 W/m²
Precisión: ±0.5%

3 FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN
Fecha: 2019-04-25
Lugar de Calibración: Laboratorio de Calibraciones EVERLAB SAC

4 METODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa con patrones calibrados trazables a INACAL-CM

5 PATRÓN DE CALIBRACIÓN

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	N° DE CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
GENERADOR DE FORMAS DE ONDA	RIGOL	DG-4002	LTP-C-110-2018	INACAL-CM
TERMINAL FOTOMÉTRICO	LUPAT	CP-05 20	LH-002-2018	INACAL-CM
MLT THERMO	FLUKE	5845A	LE-004-2019	INACAL-CM

6 CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23.3 °C	23.1 °C
HUMEDAD RELATIVA	66.8 %	64.6 %

7 OBSERVACIONES
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente certificado.
El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 lecturas sucesivas.
La incertidumbre de la medición obtenida es un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado de 95%.
Certifica de conformidad que el valor indicado se encuentra en conformidad con la especificación TOLIMAN-002.
La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y condiciones del instrumento de medición.

Ing. Marco Chacón Cortés
GIF-04415
Gerencia Técnica

LABORATORIO DE CALIBRACIONES
EverLab
EverLab SAC
Calle 11 de Agosto N° 1017

EverLab
Pruebas & Laboratorio

METROLOGÍA E INGENIERÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLE-0229-2019

Página: 2 de 2
Fecha: 2019-04-29

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADO
Test de Prueba		Conforme
Verificación de Panel de Control		Conforme
Verificación de sensor		Conforme
Prueba de OFF-SET (Cero)		Conforme

Medición de Potencia Solar (W/m²)

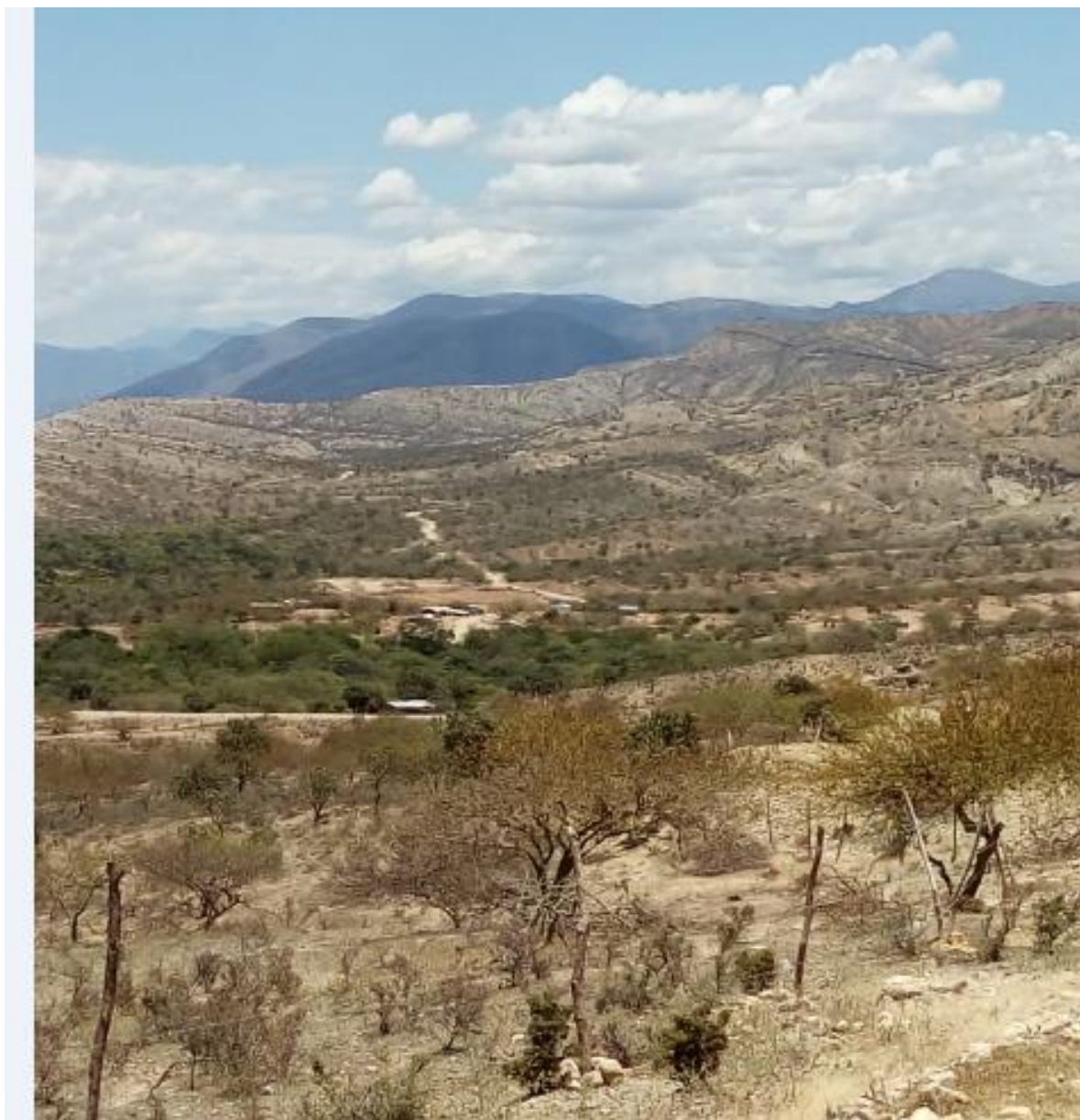
VALOR PATRÓN (W/m ²)	VALOR EQUIPO (W/m ²)	FACTOR DE CORRECCIÓN (W/m ²)	INCERTIDUMBRE (W/m ²)
50.0	50.7	-0.7	0.1
100.0	100.8	-0.8	0.1
150.0	151.3	-1.3	0.1

VALOR PATRÓN (W/m ²)	VALOR EQUIPO (W/m ²)	FACTOR DE CORRECCIÓN (W/m ²)	INCERTIDUMBRE (W/m ²)
500	502	-2	1
1000	1005	-5	1
1500	1506	-6	1

FIN DE DOCUMENTO

LABORATORIO DE CALIBRACIONES
EverLab
EverLab SAC
Calle 11 de Agosto N° 1017

Anexo N°: 10



Acta de aprobación de originalidad de tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio**, docente de la Facultad **DE INGENIERÍA** y Escuela Profesional **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA, CUTERVO-CAJAMARCA"

Del estudiante **Lozada Malarin Wilyn**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **14%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 13 de Febrero de 2020



Mgtr Deciderio Enrique Díaz Rubio
DNI: 16728343

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

Reporte de turnitín

Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al Caserío La Ciruela, Cutervo-Cajamarca

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	9%	0%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	cimav.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%
4	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
6	biologiacampmorvedre.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
7	www.grupogea.org.pe Fuente de Internet	<1%
8	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1%

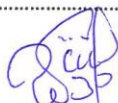
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional ucv

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Lozada Malarin Wilyn , identificado con DNI N° 40047727, egresado de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA-CUTERVO-CAJAMARCA"**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....



FIRMA

DNI: 40047727

FECHA: 20 de Febrero del 2020

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------------------------	--------	---------------------------------

Autorización de la versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Lozada Malarin Wilyn

INFORME TÍTULADO:

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA CIRUELA-CUTERVO-CAJAMARCA"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA : 19 de Diciembre 2019

NOTA O MENCIÓN : Aprobado por mayoría




Mgtr. Dante Omar Panta Carranza
Coordinador de Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN